

ZOOM LENS UNIT

Patent Number: EP0841585, A4
Publication date: 1998-05-13
Inventor(s): KAKIMOTO TSUYOSHI (JP); II HISAYUKI (JP); ONO SHUSUKE (JP); OKAYAMA HIROAKI (JP)
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (JP)
Requested Patent: JP9281392
Application Number: EP19970914637 19970408
Priority Number (s): WO1997JP01210 19970408; JP19960114092 19960410
IPC Classification: G02B15/16; G02B13/18
EC Classification: G02B15/173
Equivalents: JP3311584B2, US5978152, WO9738340
Cited Documents: US5296969; US5412507; US5430576; US5000551

Abstract

A very compact zoom lens system is provided which has a zoom ratio of 10x, a bright f-number of 1.4 and a wide angle of view of 59 degree or greater although having a fewer number of lens. The zoom lens system comprises from the object side to the image side: a fixed first lens unit having a negative power lens, a positive power lens and a positive power meniscus lens; a second lens unit having an aspherical surface, having a negative power lens, a negative power biconcave lens and a positive power lens and performing zooming by moving; a fixed third lens unit having an aspherical surface and having a positive power lens, a positive power lens and a negative power lens; and a fourth lens unit having an aspherical surface, having positive power and moves according to zooming and a movement of an object point. The image side surface of the most image side lens of the third lens unit is a concave surface having strong power to the image side. When the focal length at the wide-angle limit is f_w , the angle of view at the wide-angle limit is ω , the focal length of the first lens unit is f_1 and the focal length of the second lens unit is f_2 , the following condition is satisfied:



Data supplied from the esp@cenet database - I2

引 用 文 献 3

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-281392

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 15/16
13/18

識別記号

序内整理番号

F I

G 0 2 B 15/16
13/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15 FD (全 28 頁)

(21) 出願番号

特願平8-114092

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(22) 出願日 平成8年(1996)4月10日

(72) 発明者 岡山 裕昭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 小野 周佑

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 伊井 寿幸

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 東島 隆治 (外1名)

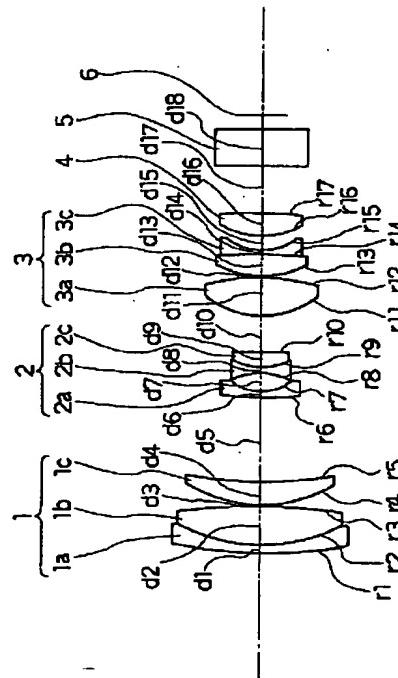
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 10倍のズーム比を持ち、Fナンバー1.4と明るく、画角59°以上の広画角でありながらレンズ枚数の少ない非常にコンパクトなズームレンズを提供する。

【解決手段】 物体側から順に、負屈折力レンズと正屈折力レンズとメニスカス正屈折力レンズとからなり、固定された第1レンズ群1、非球面を含み、かつ、負屈折力レンズと負屈折力の両凹レンズと正屈折力レンズとかなり移動して変倍作用を担う第2レンズ群2、非球面を含み、正屈折力レンズと正屈折力レンズと負屈折力レンズとを有する固定された第3レンズ群3、及び、非球面を含み正屈折力を有し、変倍及び物点移動に追随して移動する第4レンズ群4により構成する。第3レンズ群3の最も像面側のレンズの像面側の面が像面に対して強い屈折力を有する凹面を有している。広角端の焦点距離をf_w、広角端における画角をω、上記第1レンズ群の焦点距離をf_1、上記第2レンズ群の焦点距離をf_2として、次式を満足する。0.17 < (f_w · tanω) / (f_1 + |f_2|) 1/2 < 0.39



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被写体たる物体側から順に、正の屈折力を有し像面に対して固定された第1レンズ群(1)と、負の屈折力を有し光軸上を移動することによって変倍作用を及ぼす第2レンズ群(2)と、像面に対して固定され集光作用を担う正の屈折力を有する第3レンズ群(3)と、前記第2レンズ群の移動及び被写体とする物体の移動に伴い変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力を有する第4レンズ群(4)とを具備したズームレンズであって、
前記第1レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ(1a)、正の屈折力を有するレンズ(1b)、及び正の屈折力を有し前記物体側が凸面のメニスカスレンズ(1c)により構成され、
前記第2レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ(2a)、負の屈折力を有する両凹レンズ(2b)、及び前記両凹レンズに接合された物体側が凸面である正の屈折力を有するレンズ(2c)により構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であり、
前記第3レンズ群は、物体側から順に正の屈折力を有するレンズ(3a)、正の屈折力を有するレンズ(3b)、及び負の屈折力を有するレンズ(3c)により構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であり、
前記第4レンズ群は、少なくとも1枚のレンズ(4)により構成され、そのレンズの少なくとも1面は非球面であり、
このズームレンズの広角端における焦点距離をfw、前記広角端における半画角をω、前記第1レンズ群の焦点距離をf1、前記第2レンズ群の焦点距離をf2とすると、

$$0.17 < (fw \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2} < 0.39$$

を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記第3レンズ群において、前記レンズ(3a)は両凸レンズであり、前記レンズ(3c)は像面側に凹面に向けて配置され、その凹面の屈折力をp3cとし、広角端における全系の焦点距離をfwとすると、

$$0.40 < fw \cdot |p_{3c}| < 1.04$$

を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記第3レンズ群において、前記レンズ(3a)は両凸レンズであり、前記レンズ(3b)は前記物体側に凸面を向けて配置され、前記レンズ(3c)は前記物体側の面が前記レンズ(3b)に接合され、前記像面側の面が凹面であるように構成され、互いに接合された前記レンズ(3b)及び(3c)が全体として負の屈折力を有することを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【請求項4】 前記第3レンズ群において、前記レンズ(3a)は両凸レンズであり、前記レンズ(3b)は前記物体側に凸面を向けて配置され、前記レンズ(3c)は前記像面側

の面が凹面であり、これらのレンズは互いに空間をおいて配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【請求項5】 fwを広角端における焦点距離、fi(i=1, 2, 3, 4)を第iレンズ群の焦点距離として、

$$0.14 < fw/f_1 < 0.31,$$

$$0.76 < fw/|f_2| < 1.57,$$

$$0.30 < fw/f_3 < 0.59, \text{ 及び}$$

$$0.26 < fw/f_4 < 0.55$$

を満足する請求項1~4のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項6】 fwを広角端における焦点距離、fi(i=1, 2, 3, 4)を第iレンズ群の焦点距離、ωを広角端における半画角、p3cを前記第3レンズ群のレンズ(3c)の像面側の面の屈折力として、

$$0.255 < (fw \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2} < 0.301,$$

$$0.643 < fw \cdot |p_{3c}| < 0.799,$$

$$0.212 < fw/f_1 < 0.232,$$

$$1.081 < fw/|f_2| < 1.205,$$

$$0.434 < fw/f_3 < 0.453, \text{ 及び}$$

$$0.376 < fw/f_4 < 0.421$$

を満足する請求項1~4のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項7】 前記第3レンズ群において、前記レンズ(3a)の焦点距離をf31、前記レンズ(3b)及び(3c)の合成焦点距離をf323として、

$$0.34 < f_{31} / |f_{323}| < 1.05$$

を満足する請求項1~6のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項8】 前記第3レンズ群において、前記レンズ(3a)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr311、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr319として、

$$0.29 < r_{311} / r_{319} < 1.00$$

を満足する請求項1~7のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項9】 前記第3レンズ群において、前記レンズ(3a)が前記像面側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr321、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr329として、

$$0.14 < r_{321} / r_{329} < 0.72$$

を満足する請求項1~8のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項10】 前記第2レンズ群において、前記レンズ(2b)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr2

11、有効径の9割の径における局所的な曲率半径を r_{219} として、

$$0.74 < r_{211} / r_{219} < 1.52$$

を満足する請求項1～9のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項11】 前記第4レンズ群のレンズ(4)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径を r_{411} 、有効径の9割の径における局所的な曲率半径を r_{419} として、

$$0.34 < r_{411} / r_{419} < 1.03$$

を満足する請求項1～10のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項12】 前記第4レンズ群のレンズ(4)が前記像面側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径を r_{421} 、有効径の9割の径における局所的な曲率半径を r_{429} として、

$$0.64 < r_{421} / r_{429} < 1.91$$

を満足する請求項1～11のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項13】 前記第3レンズ群のレンズ(3a)の前記像面側の非球面のレンズ有効径の1割の径における局所的な曲率半径を r_{321} 、有効径の9割の径における局所的な曲率半径を r_{329} とし、

前記第2レンズ群のレンズ(2b)の前記物体側の面の非球面が、レンズの有効径の1割の径における曲率半径を r_{211} 、有効径の9割の径における局所的な曲率半径を r_{219} とし、

前記第4レンズ群のレンズ(4)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径を r_{411} 、有効径の9割の径における局所的な曲率半径を r_{419} 、また、前記像面側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割における局所的な曲率半径を r_{421} 、有効径の9割における局所的な曲率半径を r_{429} として、

$$0.492 < f_{31} / |f_{323}| < 0.827,$$

$$0.412 < r_{311} / r_{319} < 0.767,$$

$$0.193 < r_{321} / r_{329} < 0.551,$$

$$1.059 < r_{211} / r_{219} < 1.170, \text{ 及び}$$

$$0.490 < r_{411} / r_{419} < 0.787$$

又は

$$0.915 < r_{421} / r_{429} < 1.470$$

を満足する請求項1～12のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項14】 請求項1～13のいずれかに記載のズームレンズを用いたビデオカメラ。

【請求項15】 請求項1～13のいずれかに記載のズームレンズを用いた電子スチルカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、単板式ビデオカメラ等に用いられる、画角が広く（59°以上）、ズーム比が高倍率（10倍）で、かつコンパクトなズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】 図32は、例えば特開平6-109975号公報に記載された従来のビデオカメラ用ズームレンズの構成を示す図である。図に示すズームレンズは、集光部としての第1レンズ群321、変倍部としての第2レンズ群322、集光部としての第3レンズ群323、フォーカス部としての第4レンズ群324、水晶フィルタや撮像素子のフェースプレート等に相当する等価的なガラス板325、及び結像面326によって構成されている。

【0003】 結像面326に対して固定された第1レンズ群321は結像作用を有し、光軸上を前後に移動する第2レンズ群322は倍率を変えて、レンズ系全体の焦点距離を変化させる。固定群である第3レンズ群323は、第2レンズ群によって生じる発散光を集光する作用を有し、光軸上を前後に移動する第4レンズ群324はフォーカス作用を有する。また、ズーミング時の第2レンズ群322の移動によって生じる像面位置の変動を、第4レンズ群324が移動することによって一定の位置に結像するように補正し、常に像面を一定に保っている。

【0004】

【発明が解決しようとしている課題】 撮像デバイスの小型化と、レンズ系の小型化とは昨今のビデオカメラ市場からの強い要望である。また、近年、マルチメディアパソコンの普及に伴って登場してきた電子スチルカメラも安価で小型であることが重要な要素である。一方、メーカー側においては、市場競争力をつけるためコスト低減を図らなければならない。レンズ系においてコスト低減を図るためにには必要最小限のレンズ枚数で従来と同等以上の性能を維持し得る構成を提供しなければならない。このような理由から、最小限のレンズ枚数でいかにして小型、かつ高解像度のズームレンズを提供するかは従来からの課題である。

【0005】 しかしながら、上述のような従来のズームレンズでは、レンズ枚数が10枚、ズーム比は約10倍であるものの、いわゆるFナンバーが1.6以上である。従ってイメージサイズの小型化の際に問題となる感度不足に対応できない。また、レンズ枚数は少ないが、全長が比較的長くてコンパクトさに欠けるという問題点があった。そのため、近年のビデオカメラ用ズームレンズに対する小型化、高性能化の厳しい要求には応じられないという問題点を有していた。また、従来のズームレンズの設計手法では、大口径、高倍率、小型化、かつ、高解像度化をすべて満足させることは困難であるという

問題も有していた。

【0006】本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、最適なレンズ構成及び最適な非球面形状を採用することにより、10枚のレンズから成る簡単なレンズ構成でありながらも、Fナンバーが約1.4、ズーム比が10倍程度で非常にコンパクトなズームレンズを提供することを目的とする。また、併せて、当該ズームレンズを用いたビデオカメラおよび電子スチルカメラ等を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、第1レンズ群から第4レンズ群を具備した一定の構成において、各レンズ群を以下のように構成する。第1レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ、正の屈折力を有するレンズ、及び正の屈折力を有し前記物体側が凸面のメニスカスレンズにより構成する。第2レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ、負の屈折力を有する両凹レンズ、及び前記両凹レンズに接合された物体側が凸面である正の屈折力を有するレンズにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であるように構成する。第3レンズ群は、物体側から順に正の屈折力を有するレンズ、正の屈折力を有するレンズ、及び負の屈折力を有するレンズにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であるように構成する。第4レンズ群は、少なくとも1枚のレンズにより構成され、そのレンズの少なくとも1面は非球面であるように構成する。そして、広角端における焦点距離を f_w 、広角端における半画角を ω 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 として、

$$0.17 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2} < 0.39$$

を満足するように構成する。

$$0.17 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2} < 0.39 \quad \dots (1)$$

を満足し、広角端において 59° 以上の画角を有する。上記式(1)は、バックフォーカス及び画角に関する式であり、その不等式の下限を下回ると画角は広くなるが、十分なバックフォーカスが得られない。一方、上限を越えると十分なバックフォーカスは得られるものの、広い画角が得られない。上記式(1)を満たすように設定することにより、十分なバックフォーカスと広い画角が得られる。

【0010】上記構成において、第3レンズ群の最も像面側のレンズ3cは、 p_{3c} をレンズ3cの像面側の面の屈折力、 f_w をズームレンズ全系の広角端の焦点距離として、

$$0.40 < f_w \cdot |p_{3c}| < 1.04 \quad \dots (2)$$

を満足することが好ましい。ここで、面の屈折力とは、その面への入射側の媒質の屈折率を n_1 、射出側の媒質の屈折率を n_2 、面の曲率半径を r としたとき、 $(n_2$

【0008】以上のような、各レンズ群の相互作用により、収差が十分に補正され、かつ、広角端における画角がほぼ 59° でズーム比が10倍程度でコンパクトなズームレンズが簡単な構成で得られる。また、このように構成したズームレンズを用いてビデオカメラや電子スチルカメラを実現する。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明のズームレンズは、被写体たる物体側から順に、正の屈折力を有し像面に対して固定された第1レンズ群と、負の屈折力を有し光軸上を移動することによって変倍作用を及ぼす第2レンズ群と、像面に対して固定され集光作用を担う正の屈折力を有する第3レンズ群と、前記第2レンズ群の移動及び被写体とする物体の移動に伴い変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力を有する第4レンズ群とを具備したズームレンズであって、前記第1レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ1a、正の屈折力を有するレンズ1b、及び正の屈折力を有し前記物体側が凸面のメニスカスレンズ1cにより構成され、前記第2レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ2a、負の屈折力を有する両凹レンズ2b、及び前記両凹レンズに接合された物体側が凸面である正の屈折力を有するレンズ2cにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であり、前記第3レンズ群は、物体側から順に正の屈折力を有するレンズ3a、正の屈折力を有するレンズ3b、及び負の屈折力を有するレンズ3cにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であり、前記第4レンズ群は、少なくとも1枚のレンズ4により構成され、そのレンズの少なくとも1面は非球面であり、広角端における焦点距離を f_w 、広角端における半画角を ω 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とすると、

$$|f_2|^{1/2} < 0.39 \quad \dots (1)$$

$-n_1/r$ で求められる値である。上記式(2)はFナンバー及びバックフォーカスに関する式であり、ズームレンズのコンパクトさに密接な関係を有する。上記条件式の下限を下回ると、小さなFナンバーが確保できるものの、十分なバックフォーカスが得られない。一方、上限を越えると、十分なFナンバーを確保するためには、バックフォーカスが長くなり、レンズ系のコンパクトさが損なわれる。上記式(2)を満たすように設定することにより、十分なFナンバーとバックフォーカスとを確保しながら非常にコンパクトなズームレンズが得られる。

【0011】前記第3レンズ群において、レンズ3aは両凸レンズであり、レンズ3bは前記物体側に凸面向けて配置され、レンズ3cは前記物体側の面がレンズ3bに接合され、前記像面側の面が凹面であるように構成され、互いに接合された前記レンズ3b及び3cが全体

として負の屈折力を有することが好ましい。

【0012】また、前記第3レンズ群において、レンズ3aは両凸レンズであり、レンズ3bは前記物体側に凸面を向けて配置され、レンズ3cは前記像面側の面が凹面であり、これらのレンズは互いに空間をおいて配置されても良い。

【0013】上記各構成において、fwを広角端における焦点距離、fi(i=1, 2, 3, 4)を第iレンズ群の焦点距離として、

$$0.14 < fw/f1 < 0.31 \quad \dots (3)$$

$$0.76 < fw/|f2| < 1.57 \quad \dots (4)$$

$$0.255 < (fw \cdot \tan\omega) / (f1 \cdot |f2|)^{1/2} < 0.301 \quad \dots (7)$$

$$0.643 < fw \cdot |p3c| < 0.799 \quad \dots (8)$$

$$0.212 < fw/f1 < 0.232 \quad \dots (9)$$

$$1.081 < fw/|f2| < 1.205 \quad \dots (10)$$

$$0.434 < fw/f3 < 0.453 \quad \dots (11)$$

$$0.376 < fw/f4 < 0.421 \quad \dots (12)$$

を満足することがより好ましい。

【0015】また、第3レンズ群は、レンズ3a、3b

$$0.34 < f31/|f323| < 1.05 \quad \dots (13)$$

を満足することが望ましい。上記式(13)はバックフォーカス及びFナンバーに関する条件式であり、下限を下回ると、十分なFナンバーを確保するために、第3群のレンズ径が大きくなり、また、バックフォーカスが長くなるため、コンパクトなズームレンズが実現できない。また、上限を越えると、十分なFナンバーを確保できるものの、十分なバックフォーカスが得られない。上記式(13)を満たすように構成すればコンパクトな構成ながら十分なバックフォーカスを得ることができる。

【0016】さらに、第3レンズ群のレンズ3aの像面側の非球面のレンズ有効径の1割の径における局所的な

$$0.29 < r311/r319 < 1.00 \quad \dots (14)$$

$$0.14 < r321/r329 < 0.72 \quad \dots (15)$$

$$0.74 < r211/r219 < 1.52 \quad \dots (16)$$

及び

$$0.34 < r411/r419 < 1.03 \quad \dots (17)$$

又は

$$0.64 < r421/r429 < 1.91 \quad \dots (18)$$

を満足することが好ましい。なお、ここで言う、局所的な曲率半径は、面形状のサグ量(基準面からのずれ量)から割り出した非球面係数に基づき代数的に計算して得られた値である。上記式(14)～(18)は、非球面量を規定する条件式であり、ズームレンズの高い解像度を実現するために十分な収差補正能力を得る条件である。

【0017】また、第3レンズ群のレンズ3aの像面側の非球面のレンズ有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr321、有効径の9割の径における局所的な

$$0.492 < f31/|f323| < 0.827 \quad \dots (20)$$

$$0.412 < r311/r319 < 0.767 \quad \dots (21)$$

$$0.30 < fw/f3 < 0.59 \quad \dots (5)$$

$$0.26 < fw/f4 < 0.55 \quad \dots (6)$$

を満足することが好ましい。上記式(3)～(6)は各レンズ群の屈折力を規定する条件式であるが、この条件式を満足させることによりズームレンズのコンパクト化を実現する強い屈折力が得られる。

【0014】また、fwを広角端における焦点距離、fi(i=1, 2, 3, 4)を第iレンズ群の焦点距離、ωを広角端における半画角、p3cを第3レンズ群のレンズ3cの像面側の面の屈折力として、

$$0.255 < (fw \cdot \tan\omega) / (f1 \cdot |f2|)^{1/2} < 0.301 \quad \dots (7)$$

$$0.643 < fw \cdot |p3c| < 0.799 \quad \dots (8)$$

$$0.212 < fw/f1 < 0.232 \quad \dots (9)$$

$$1.081 < fw/|f2| < 1.205 \quad \dots (10)$$

$$0.434 < fw/f3 < 0.453 \quad \dots (11)$$

$$0.376 < fw/f4 < 0.421 \quad \dots (12)$$

及び3cにおいて、レンズ3aの焦点距離をf31、レンズ3b及び3cの合成焦点距離をf323として、

$$0.34 < f31/|f323| < 1.05 \quad \dots (13)$$

曲率半径をr321、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr329、第2レンズ群のレンズ2bの物体側の面の非球面が、レンズの有効径の1割の径における曲率半径をr211、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr219、第4レンズ群のレンズ4が物体側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr411、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr419、また、像面側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割における局所的な曲率半径をr421、有効径の9割における局所的な曲率半径をr429として、

$$0.29 < r311/r319 < 1.00 \quad \dots (14)$$

$$0.14 < r321/r329 < 0.72 \quad \dots (15)$$

$$0.74 < r211/r219 < 1.52 \quad \dots (16)$$

$$0.34 < r411/r419 < 1.03 \quad \dots (17)$$

$$0.64 < r421/r429 < 1.91 \quad \dots (18)$$

曲率半径をr329、第2レンズ群のレンズ2bの物体側の面の非球面が、レンズの有効径の1割の径における曲率半径をr211、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr219、第4レンズ群のレンズ4が物体側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr411、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr419、また、像面側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割における局所的な曲率半径をr421、有効径の9割における局所的な曲率半径をr429として、

$$0.193 < r_{321} / r_{329} < 0.551 \quad \dots (22)$$

$$1.059 < r_{211} / r_{219} < 1.170 \quad \dots (23)$$

及び

$$0.490 < r_{411} / r_{419} < 0.787 \quad \dots (24)$$

又は

$$0.915 < r_{421} / r_{429} < 1.470 \quad \dots (25)$$

を満足することがより好ましい。(なお、式(19)は欠番である。)

【0018】本発明のビデオカメラ又は電子スチルカメラは、上記構成のいずれかを有するズームレンズを用いる。

【0019】

【実施例】以下、本発明のズームレンズの実施例について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【実施例1】図1は実施例1によるズームレンズの構成を示す図である。図1に示すズームレンズは、物体側(図の左側)から順に、正の屈折力を有し像面6に対して固定された第1レンズ群1、負の屈折力を有し光軸上を移動することにより変倍作用を及ぼす第2レンズ群2、像面に対して固定され集光作用を担う正の屈折力の第3レンズ群3、及び、第2レンズ群2の移動及び被写体とする物体の移動に伴い変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力の第4レンズ群4から構成されている。また、第4レンズ群4と撮像面6との間には、光学的ローパスフィルタや撮像素子のフェースプレート等と等価な平板5が設けられている。

【0020】第1レンズ群1は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズ1a、正の屈折力を有するレンズ1b、及び物体側が凸面であって正の屈折力を有するメ

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2} < 0.301 \dots (7)$$

を満足するように設定されている。上記式(7)はバックフォーカスと画角に関する式であって、仮に $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2}$ がその下限を下回ると画角は広くなるが十分なバックフォーカスが得られない。一方、上限を越えると十分なバックフォーカスは得られるものの、広い画角が得られない。

【0022】《実施例2》図2は実施例2によるズームレンズの構成を示す図である。図2に示すズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する像面6に対して固定された第1レンズ群1、負の屈折力を有し光軸上を前後に移動することにより変倍作用を及ぼす第2レンズ群2、像面に対して固定され集光作用を担う正の屈折力の第3レンズ群3、第2レンズ群2の移動及び被写体とする物体の移動に伴い変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力の第4レンズ群4により構成されている。また、第4レンズ群4と撮像面6との間には、光学的ローパスフィルタや撮像素子のフェースプレート等と等価な平板5が設けられている。

ニスカスレンズ1cにより構成されている。第2レンズ群2は、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズ2a、両凹レンズ2b、及び正の屈折力を有するレンズ2cにより構成され、前記各レンズの少なくとも1面以上は非球面である。第3レンズ群3は、物体側から順に、正の屈折力を持ち両面が非球面に形成された両凸レンズ3a、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズ3b、及び負の屈折力を有するレンズ3cにより構成されている。特に、正の屈折力を有するレンズ3bと負の屈折力を有するレンズ3cとは互いに接合されており、両凸レンズ3aの正の屈折力は、接合されたレンズ3b及び3cの合成焦点距離に相当する屈折力よりも比較的強く設定されている。このような設定により、十分なバックフォーカスが得られると同時に、非常にコンパクトでありながら十分な収差補正を行うことができる。第4レンズ群4は、両凸の1枚のレンズで構成されており、物体側が非球面に形成されている。

【0021】図1中、 r_i ($i = 1 \sim 17$) はレンズの曲率半径を表し、 d_k ($k = 1 \sim 18$) はレンズの肉厚または、レンズ間の空気間隔を表す。広角端における焦点距離を f_w 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における画角を ω としたとき、

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2} < 0.301 \dots (7)$$

【0023】第1レンズ群1は、物体側から順に負の屈折力を有するレンズ1a、正屈折力を有するレンズ1b及び正屈折力を有する物体側が凸面のメニスカスレンズ1cにより構成されている。第2レンズ群2は、物体側から順に負の屈折力を有するレンズ2a、両凹レンズ2b及び正屈折力を有するレンズ2cにより構成され、前記各レンズの少なくとも1面以上は非球面である。第3レンズ群3は、物体側から順に、正の屈折力を持ち両面が非球面に形成された両凸レンズ3a、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズ3b及び負の屈折力を有するレンズ3cにより構成されている。正の屈折力を有するレンズ3bと負の屈折力を有するレンズ3cとは互いに微少な空気間隔を置いて配置されている。両凸レンズ3aの屈折力はレンズ3b及び3cの合成の屈折力よりも比較的強くできている。このような構成は、十分なバックフォーカスを得られると同時に、非常にコンパクトでありながら十分な収差補正を行うことができる。第4レンズ群4は、両凸の1枚のレンズで構成されており、物体側が非球面に形成されている。

【0024】図2中、 r_i ($i = 1 \sim 18$) はレンズの曲率半径を表し、 d_k ($k = 1 \sim 19$) はレンズの肉厚または、レンズ間の空気間隔を表す。広角端における焦

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 \cdot |f_2|)^{1/2} < 0.301 \dots (7)$$

の関係を満足するように設定されている。上記式(7)はバックフォーカスと画角に関する式であって、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 \cdot |f_2|)^{1/2}$ の値がその下限を下回ると画角は広くなるが十分なバックフォーカスが得られない。一方、上限を越えると十分なバックフォーカスは得られるものの、広い画角が得られない。

【0025】《実施例1及び2の共通補足事項》上記実施例1及び実施例2は、共通して以下の条件式を満足している。

$$0.643 < f_w \cdot |p_{3c}| < 0.799 \dots (8)$$

式(8)は、Fナンバー及びバックフォーカスに関する式であり、ズームレンズのコンパクトさに密接な関係を有

$$0.212 < f_w / f_1 < 0.232 \dots (9)$$

$$1.081 < f_w / |f_2| < 1.205 \dots (10)$$

$$0.434 < f_w / f_3 < 0.453 \dots (11)$$

$$0.376 < f_w / f_4 < 0.421 \dots (12)$$

上記条件式(9)～(12)は各レンズ群の屈折力を規定する条件式であって、ズームレンズのコンパクトさを実現する強い屈折力を与えるための条件式である。

【0027】第1レンズ群1の屈折力に関する条件式(9)において、 f_w / f_1 が下限を下回ると、第1レンズ群1の屈折力が大きくなり過ぎるため、長焦点側における球面収差及び軸外におけるコマ収差の補正が困難になる。一方、上限を越えると、レンズ長が大きくなり、コンパクトなズームレンズが実現できない。第2レンズ群2の屈折力に関する条件式(10)において、 $f_w / |f_2|$ が下限を下回る場合には、第2レンズをコンパクトにできるが、全系のペツツバール和が負の大きな値になり、硝材の選択のみでは像面湾曲の補正ができない。一方、上限を越えると、収差補正は容易であるが、変倍系が長くなり、全系のコンパクト化が達成できない。

【0028】第3レンズ群3の屈折力に関する条件式(11)において、 f_w / f_3 が下限を下回ると、第3レンズ群3の屈折力が大きくなり過ぎるため、水晶等を

$$0.34 < f_3 / |f_{323}| < 1.05 \dots (13)$$

この第3レンズ群3を構成するレンズ3a、3b及び3cは、上記の条件式(13)において、 $f_3 / |f_{323}|$ が下限を下回ると十分なFナンバーを確保するために第3レンズ群3のレンズ径が大きくなる。また、バックフォーカスが長くなるため、コンパクトなズームレ

$$0.412 < r_{311} / r_{319} < 0.767 \dots (21)$$

$$0.193 < r_{321} / r_{329} < 0.551 \dots (22)$$

$$1.059 < r_{211} / r_{219} < 1.170 \dots (23)$$

及び

$$0.490 < r_{411} / r_{419} < 0.787 \dots (24)$$

点距離を f_w 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における画角を ω とすると、

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 \cdot |f_2|)^{1/2} < 0.301 \dots (7)$$

する。仮に $f_w \cdot |p_{3c}|$ が上記条件式の下限を下回ると、小さなFナンバーが確保できるものの、十分なバックフォーカスが得られない。一方、上限を越えると、十分なFナンバーを確保するためには、バックフォーカスが長くなり、レンズ系のコンパクトさが損なわれる。しかしながら、本実施例では、式(8)の条件を満足するよう $f_w \cdot |p_{3c}|$ が設定されているので、十分なFナンバーとバックフォーカスを確保しながら非常にコンパクトなズームレンズが得られる。

【0026】上記第1～第4の各レンズ群の焦点距離 f_i ($i = 1 \sim 4$) は、広角端における焦点距離を f_w として、下記条件により設定される。

$$\dots (9)$$

$$\dots (10)$$

$$\dots (11)$$

$$\dots (12)$$

挿入するバックフォーカスを得ることができず、さらに球面収差の補正が困難になる。一方上限を越えると、第1レンズ群1、第2レンズ群2及び第3レンズ群3の合成焦点距離が発散系となるため、第4レンズ群4のレンズ外径が大きくなり、また、全系のペツツバール和を小さくすることができない。第4レンズ群4の屈折力に関する条件式(12)において、 f_w / f_4 が下限を下回ると、画面包括範囲が狭くなる。従って、所望の範囲を得るためにには、第1レンズ群1のレンズ径を十分大きくする必要があり、小型・軽量化が実現できない。一方、上限を越えると収差補正是容易であるが、近距離撮影時と遠距離撮影時の軸外収差のアンバランスの補正が困難となる。

【0029】また、物体側から順に、第3レンズ群3を構成する正屈折力を有するレンズ3a、正屈折力を有するレンズ3b及び負屈折力を有するレンズ3cにおいて、レンズ3aの焦点距離 f_{31} と、レンズ3b及びレンズ3cの合成焦点距離 f_{323} は次の条件式によって設定される。

$$0.34 < f_3 / |f_{323}| < 1.05 \dots (13)$$

ンズが実現できない。一方、上限を越えると、十分なFナンバーを確保できるものの、十分なバックフォーカスが得られない。

【0030】以下の式は非球面量を規定する条件式である。

$$0.412 < r_{311} / r_{319} < 0.767 \dots (21)$$

$$0.193 < r_{321} / r_{329} < 0.551 \dots (22)$$

$$1.059 < r_{211} / r_{219} < 1.170 \dots (23)$$

または、

$$0.915 < r_{411} / r_{419} < 1.470 \quad \dots (25)$$

上記のような条件を満足することによりズームレンズの高解像度を実現する十分な収差補正能力が得られる。

【0031】第3レンズ群3の最も物体側のレンズの非球面に関する条件式(21)及び(22)において、各式の下限を下回ると、球面収差の補正量が少なすぎる結果となる。一方、上限を超えると、球面収差の補正量が大きすぎて、十分な収差性能が得られない。第2レンズ群2の物体側から2番目の両凹レンズ2bの物体側の面の非球面に関する条件(23)において、下限および上限からはずれると、広角と望遠の中間位置でのコマ収差が大きく発生し、フレアの原因となる。第4レンズ群4の単レンズの物体側の非球面に関する条件式(24)において、下限及び上限を外れると像面湾曲や球面収差が大きく発生し、十分な性能が得られない。

【0032】《実施例1の数値例1》次に、上記図1に示す実施例1での具体的な数値例を表1に示す。この数値例1では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + f_2)$ の値は0.2896に設定された。また、 $f_w \cdot |p_3|$ の値は、0.708に設定された。同表においては、rはレンズの曲率半径、dはレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、nは各レンズのd線に対する屈折率、vは各レンズのd線に対するアッペ数を表す。

【0033】

【表1】

$$Z = \frac{CY^2}{1 + (1 - (1+K)C^2Y^2)^{1/2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 \dots (26)$$

【0036】ここで、Zは光軸からの高さがYにおける非球面上の点の非球面頂点からの距離、Yは光軸からの高さ、Cは非球面頂点の曲率($= 1/r$)、Kは円錐定数、D、E及びFは非球面係数である。なお、第8、第

群	面	r	d	n	v
1	1	48.280	0.90	1.50518	25.4
	2	17.748	4.53	1.60311	60.7
	3	-67.680	0.20		
	4	14.615	2.67	1.69680	55.5
	5	42.483	可変		
2	6	42.483	0.60	1.77250	49.6
	7	4.482	2.15		
	8	-6.474	0.80	1.66547	55.2
	9	5.874	1.80	1.80518	25.4
	10	-323.142	可変		
3	11	7.889	4.55	1.66547	55.2
	12	-14.939	0.10		
	13	9.748	2.40	1.51633	64.1
	14	-104.180	0.60	1.84666	23.9
	15	5.767	可変		
4	16	7.481	2.87	1.51450	63.1
	17	-31.976			
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

【0034】また、非球面形状は次の式(26)で定義している。

【0035】

【数1】

11、第12及び第16面は非球面であって、その非球面係数を表2に示す。

【0037】

【表2】

面	8	11	12	16
K	-1.30349	-7.99910E-1	-6.26902	-1.99544E-2
D	-6.01825E-4	-1.39502E-4	-4.75872E-6	-2.07422E-4
E	-2.10812E-5	2.02487E-7	1.65237E-7	-6.99987E-6
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【0038】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表3に示す。この表から標準位置は第2レンズ群2の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、f、F/N_O及びωは、それぞれ広角端、標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0039】

【表3】

	広角端	標準	望遠端
f	4.825	22.851	44.488
F/N _O	1.46	2.25	2.67
2ω(°)	59.90	12.73	6.61
5	0.700	9.806	12.450
10	13.383	4.277	1.633
15	6.099	1.666	5.050
17	1.014	5.497	2.063

【0040】続いて、本数値例1についての発明の実施

の形態における条件式(3)～(6)及び(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w / f_1 = 0.222$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w / |f_2| = 1.136$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w / f_3 = 0.436$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w / f_4 = 0.399$$

$$\text{式 (13)} \quad f_{31} / |f_{323}| = 0.692$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311} / r_{319} = 0.518$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321} / r_{329} = 0.437$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211} / r_{219} = 1.077$$

$$\text{式 (17)} \quad r_{411} / r_{419} = 0.690$$

【0041】《実施例1の数値例2》次に、実施例1についての第2の具体的な数値例を表4に示す。この数値例2では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2}$ の値は0.290に設定された。また、 $f_w \cdot |p_{3c}|$ の値は、0.643に設定された。同表においては、rはレンズの曲率半径、dはレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、nは各レンズのd線に対する屈折率、νは各レンズのd線に対するアッペ数を表す。

【0042】

【表4】

群	面	r	d	n	ν
1	1	48.297	0.90	1.50518	25.4
	2	17.773	4.53	1.60311	60.7
	3	-67.810	0.20		
	4	14.614	2.67	1.69580	55.5
	5	42.510	可変		
2	6	42.510	0.60	1.77250	49.6
	7	4.872	2.15		
	8	-6.344	0.80	1.66547	55.2
	9	6.163	1.80	1.80518	25.4
	10	-187.168	可変		
3	11	7.284	4.60	1.66547	55.2
	12	-10.816	0.10		
	13	26.909	2.40	1.51533	64.1
	14	-60.749	0.60	1.84666	23.9
	15	6.450	可変		
4	16	7.829	2.85	1.51450	63.1
	17	-28.035	可変		
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

【0043】非球面形状は前述の式(26)により定義される。なお、第8、第11、第12及び第16面は非球面であって、その非球面係数を表5に示す。

【0044】

【表5】

面	8	11	12	16
K	-1.59927	-6.64273E-1	-5.49224	2.83550E-1
D	-7.38884E-4	-2.13723E-4	2.18903E-5	-1.89844E-4
E	-2.01243E-5	-1.52307E-7	-1.59533E-8	-1.24516E-5
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【0045】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表6に示す。この表から標準位置は第2群の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、f、F/N、及びωは、各々広角端と標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0046】

【表6】

	広角端	標準	望遠端
f	4.900	23.287	45.100
F/N	1.48	2.30	2.71
2ω(°)	59.13	12.49	6.52
5	0.700	9.807	12.450
10	13.383	4.276	1.633
15	6.099	1.468	4.958
17	1.000	5.631	2.141

【0047】 続いて、数値例2についての条件(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w / f_1 = 0.226$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w / |f_2| = 1.155$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w / f_3 = 0.442$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w / f_4 = 0.401$$

$$\text{式 (13)} \quad f_31 / |f_{323}| = 0.821$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311} / r_{319} = 0.412$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321} / r_{329} = 0.193$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211} / r_{219} = 1.059$$

$$\text{式 (17)} \quad r_{411} / r_{419} = 0.490$$

【0048】《実施例1の数値例3》 続いて、実施例1についての第3の具体的な数値例を表7に示す。この数値例3では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2}$ の値は0.289に設定された。また、 $f_w \cdot |p_{3c}|$ の値は、0.799に設定された。同表においては、rはレンズの曲率半径、dはレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、nは各レンズのd線に対する屈折率、vは各レンズのd線に対するアッペ数を表す。

【0049】

【表7】

群	面	r	d	n	v
1	1	48.011	0.90	1.50518	25.4
	2	17.638	4.53	1.60311	60.7
	3	-68.747	0.20		
	4	14.582	2.67	1.69680	55.5
	5	42.499	可変		
2	6	42.499	0.60	1.77250	49.6
	7	4.807	2.15		
	8	-6.623	0.80	1.66547	55.2
	9	5.464	1.80	1.80518	25.4
	10	∞	可変		
3	11	10.798	3.70	1.66547	55.2
	12	-17.447	0.11		
	13	6.048	3.00	1.51633	64.1
	14	246.866	0.60	1.84666	23.9
	15	5.113	可変		
4	16	7.340	2.87	1.51450	63.1
	17	-35.699	可変		
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

【0050】非球面形状は前述の式(26)により定義される。なお、第8、第11、第12及び第16面は非球面であって、その非球面係数を表8に示す。

【0051】

【表8】

面	8	11	12	16
K	-7.86417E-1	-1.03290	-4.36782E-1	1.68183E-1
D	-3.84920E-4	-3.58814E-5	9.82512E-5	-3.87598E-4
E	-2.72545E-5	7.19110E-7	1.50306E-7	-6.13115E-6
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【0052】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表9に示す。この表から標準位置は第2レンズ群2の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、f、F/N_o、及びωは、各自広角端、標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0053】

【表9】

	広角端	標準	望遠端
f	4.825	23.088	44.488
F/N _o	1.46	2.28	2.67
2ω(°)	59.83	12.64	6.58
5	0.700	9.806	12.450
10	13.383	3.677	1.633
15	6.099	1.666	5.050
17	1.014	5.497	2.063

【0054】 続いて、数値例3についての条件(3)～

(6)、(13)～(17)の具体的数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w / f_1 = 0.222$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w / |f_2| = 1.136$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w / f_3 = 0.438$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w / f_4 = 0.398$$

$$\text{式 (13)} \quad f_{31} / |f_{323}| = 0.492$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311} / r_{319} = 0.767$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321} / r_{329} = 0.206$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211} / r_{219} = 1.130$$

$$\text{式 (17)} \quad r_{411} / r_{419} = 0.687$$

【0055】《実施例1の数値例4》統いて、実施例1についての第4の具体的数値例を表10に示す。この数値例4では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 \cdot |f_2|)^{1/2}$ の値は0.289に設定された。また、 $f_w \cdot |p_3c|$ の値は、0.754に設定された。同表においては、rはレンズの曲率半径、dはレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、nは各レンズのd線に対する屈折率、vは各レンズのd線に対するアッベ数を表す。

【0056】

【表10】

群	面	r	d	n	v
1	1	48.011	0.90	1.50518	25.4
	2	17.638	4.53	1.60311	60.7
	3	-68.747	0.20		
	4	14.582	2.67	1.69680	55.5
	5	42.499	可変		
2	6	42.499	0.60	1.77250	49.6
	7	4.807	2.15		
	8	-6.623	0.80	1.66547	55.2
	9	5.464	1.80	1.80518	25.4
	10	∞	可変		
3	11	9.901	3.80	1.66547	55.2
	12	-17.801	0.10		
	13	6.827	3.00	1.51633	64.1
	14	235.691	0.60	1.84666	23.9
	15	5.416	可変		
4	16	7.340	0.60	1.51450	63.1
	17	-35.699	可変		
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

面	8	11	12	16
K	-7.86417E-1	-9.88732E-1	-4.36782E-1	1.68183E-1
D	-3.84920E-4	-3.17578E-5	1.18295E-4	-3.87598E-4
E	-2.72545E-5	5.20658E-7	3.10261E-8	-6.13115E-6
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【0059】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表12に示す。この表から標準位置は第2群の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、f、F/N_o及びvは、各々広角端、標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及

び入射半画角である。

【0060】

【表12】

	広角端	標準	望遠端
f	4.825	23.013	44.486
$F/N\circ$	1.46	2.27	2.67
$2\omega(^{\circ})$	59.73	12.67	6.58
5	0.700	9.806	12.450
10	13.383	4.277	1.633
15	6.099	1.666	5.050
17	1.014	5.497	2.063

【0061】 続いて、数値例4についての条件(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w/f_1 = 0.222$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w/|f_2| = 1.136$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w/f_3 = 0.438$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w/f_4 = 0.398$$

$$\text{式 (13)} \quad f_{31}/|f_{323}| = 0.528$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311}/r_{319} = 0.718$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321}/r_{329} = 0.277$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211}/r_{219} = 1.170$$

$$\text{式 (17)} \quad r_{411}/r_{419} = 0.687$$

【0062】《実施例1の数値例5》 続いて、実施例1についての第5の具体的な数値例を表13に示す。この数値例5では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 \cdot |f_2|)^{1/2}$ の値は0.255に設定された。また、 $f_w \cdot |p_{3c}|$ の値は、0.729に設定された。同表においては、 r はレンズの曲率半径、 d はレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、 n は各レンズのd線に対する屈折率、 ν

は各レンズのd線に対するアベ数を表す。

【0063】

【表13】

群	面	r	d	n	ν
1	1	50.914	0.90	1.50518	25.4
	2	18.815	4.38	1.60311	60.7
	3	-62.375	0.20		
	4	14.300	2.50	1.69680	55.5
	5	33.778	可変		
2	6	33.778	0.60	1.77250	49.6
	7	4.871	2.38		
	8	-6.100	0.8	1.66547	55.2
	9	7.007	1.68	1.80518	25.4
	10	-53.117	可変		
3	11	9.271	4.26	1.66547	55.2
	12	-17.003	0.10		
	13	7.638	2.81	1.51633	64.1
	14	171.455	0.60	1.84666	23.9
	15	5.623	可変		
4	16	7.940	2.65	1.51450	63.1
	17	-35.233	可変		
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

【0064】非球面形状は前述の式(26)により定義される。なお、第8、第11、第12及び第16面は非球面であって、その非球面係数を表14に示す。

【0065】

【表14】

面	8	11	12	16
K	1.19086	-6.52397E-1	-7.30379	3.06179E-1
D	6.76360E-4	-9.97655E-5	-2.08333E-5	-2.43589E-4
E	3.84156E-5	-3.13284E-7	-3.28248E-8	-9.73397E-6
F	-3.58630E-7	0.0	0.0	1.33719E-7

【0066】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表15に示す。この表から標準位置は第2群の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、 f 、 $F/N\circ$ 及び ω は、各々広角端と標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0067】

【表15】

	広角端	標準	望遠端
f	4.841	23.311	45.005
$F/N\circ$	1.46	2.27	2.72
$2\omega(^{\circ})$	59.82	12.52	6.52
5	0.700	10.440	13.218
10	14.010	4.270	1.492
15	6.063	1.423	4.824
17	1.015	5.655	2.254

【0068】 続いて、数値例5についての条件(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w/f_1 = 0.213$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w/|f_2| = 1.082$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w/f_3 = 0.434$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w/f_4 = 0.376$$

$$\text{式 (13)} \quad f_{31} / |f_{323}| = 0.764$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311} / r_{319} = 0.491$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321} / r_{329} = 0.551$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211} / r_{219} = 1.080$$

$$\text{式 (17)} \quad r_{411} / r_{419} = 0.787$$

【0069】《実施例1の数値例6》続いて、実施例1についての第6の具体的な数値例を表16に示す。この数値例6では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2}$ の値は0.301に設定された。また、 $f_w \cdot |p_3c|$ の値は、0.671に設定された。同表においては、rはレンズの曲率半径、dはレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、nは各レンズのd線に対する屈折率、vは各レンズのd線に対するアッペ数を表す。

【0070】

【表16】

群	面	r	d	n	v
1	1	40.774	0.90	1.50518	25.4
	2	16.433	4.51	1.60311	60.7
	3	-87.094	0.20		
	4	14.613	2.72	1.69680	55.5
	5	51.625	可変		
2	6	32.716	0.65	1.77250	49.6
	7	4.548	2.13		
	8	-5.797	0.80	1.66547	55.2
	9	5.960	1.74	1.80518	25.4
	10	-111.219	可変		
3	11	7.650	4.75	1.66547	55.2
	12	-12.559	0.10		
	13	13.505	2.63	1.51633	64.1
	14	-42.751	0.60	1.84666	23.9
	15	6.116	可変		
4	16	7.791	0.60	1.51450	63.1
	17	-27.282	可変		
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

面	8	11	12	16
K	-1.08836	-7.19076E-1	-6.66558	2.88131E-1
D	-6.47949E-4	-1.76611E-4	-3.12888E-5	-1.97219E-4
E	-1.42550E-5	-2.86321E-7	4.91724E-7	-1.38847E-5
F	-2.07217E-6	4.77300E-9	-1.97368E-9	1.03917E-7

【0073】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表18に示す。この表から標準位置は第2群の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、f、F/N_o及びωは、各々広角端と標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0074】

【表18】

	広角端	標準	望遠端
f	4.859	22.903	45.123
F/N _o	1.47	2.28	2.70
2ω(°)	59.31	12.64	6.52
5	0.700	9.436	11.953
10	13.260	4.524	2.007
15	6.179	1.501	4.998
17	1.014	5.691	2.194

【0075】続いて、数値例6についての条件(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

- 式(3) $f_w/f_1 = 0.232$
 式(4) $f_w/|f_2| = 1.205$
 式(5) $f_w/f_3 = 0.453$
 式(6) $f_w/f_4 = 0.401$
 式(13) $f_{31}/|f_{323}| = 0.764$
 式(14) $r_{311}/r_{319} = 0.470$
 式(15) $r_{321}/r_{329} = 0.278$
 式(16) $r_{211}/r_{219} = 1.084$
 式(17) $r_{411}/r_{419} = 0.688$

【0076】《実施例1の数値例7》続いて、実施例1についての第7の具体的な数値例を表19に示す。この数値例7では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 \cdot |f_2|)^{1/2}$ の値は0.302に設定された。また、 $f_w \cdot |p_{3c}|$ の値は、0.688に設定された。同表においては、 r はレンズの曲率半径、 d はレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、 n は各レンズの d 線に対する屈折率、 ν は各レンズの d 線に対するアッペ数を表す。

【0077】

【表19】

群	面	r	d	n	v
1	1	42.522	0.90	1.50518	25.4
	2	16.588	4.60	1.60311	60.7
	3	-78.767	0.20		
	4	14.517	2.75	1.69680	55.5
	5	49.892	可変		
2	6	49.892	0.65	1.77250	49.6
	7	4.737	2.11		
	8	-96.414	0.80	1.66547	55.2
	9	5.559	2.00	1.80518	25.4
	10	684.342	可変		
3	11	8.051	4.75	1.66547	55.2
	12	-14.512	0.10		
	13	10.321	2.65	1.51633	64.1
	14	-59.609	0.65	1.84666	23.9
	15	5.982	可変		
4	16	7.542	2.75	1.51450	63.1
	17	-33.034	可変		
5	18	∞	4.0	1.51633	64.1
	19	∞			

面	8	11	12	16
K	-2.32385E-1	-8.67603E-1	-6.96549	2.51517E-1
D	-9.56378E-5	-1.37144E-4	-5.22471E-5	-2.57487E-4
E	-2.33087E-5	2.13051E-7	4.87115E-7	-1.08193E-5
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【0080】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表21に示す。この表から標準位置は第2群の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、 f 、 F/N 及び ω は、各々広角端、標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0078】また、非球面形状は次式で定義している。ここで、Zは光軸からの高さがYにおける非球面上の点の非球面頂点からの距離、Yは光軸からの高さ、Cは非球面頂点の曲率($=1/r$)、Kは円錐定数、D、E、F、Gは非球面係数である。なお、第8、第11、第12及び第16面は非球面であって、その非球面係数を表20に示す。

【0079】

【表20】

【0081】

【表21】

	広角端	標準	望遠端
f	4.862	22.814	45.113
$F/N\circ$	1.52	2.30	2.80
$2\omega(^{\circ})$	59.53	12.80	6.54
5	0.700	9.440	11.954
10	13.260	4.520	1.006
15	6.380	1.719	5.192
17	1.015	5.976	2.202

【0082】 続いて、数値例7についての条件(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w/f_1 = 0.232$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w/|f_2| = 1.205$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w/f_3 = 0.448$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w/f_4 = 0.398$$

$$\text{式 (13)} \quad f_{31}/|f_{323}| = 0.696$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311}/r_{319} = 0.504$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321}/r_{329} = 0.434$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211}/r_{219} = 1.128$$

$$\text{式 (17)} \quad r_{411}/r_{419} = 0.676$$

【0083】《実施例1の数値例8》 続いて、実施例1についての第8の具体的な数値例を表22に示す。この数値例8では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 \cdot |f_2|)^{1/2}$ の値は0.290に設定された。また、 $f_w \cdot |p_{3c}|$ の値は、0.708に設定された。同表においては、 r はレンズの曲率半径、 d はレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、 n は各レンズのd線に対する屈折率、 ν

は各レンズのd線に対するアベ数を表す。

【0084】

【表22】

群	面	r	d	n	v
1	1	48.280	0.90	1.50518	25.4
	2	17.748	4.53	1.60311	60.7
	3	-67.680	0.20		
	4	14.615	2.67	1.69680	55.5
	5	42.483	可変		
2	6	42.483	0.60	1.77250	49.6
	7	4.842	2.15		
	8	-6.474	0.80	1.66547	55.2
	9	5.874	1.80	1.80518	25.4
	10	-14.880	可変		
3	11	7.906	4.55	1.66547	55.2
	12	-14.880	0.10		
	13	9.753	2.40	1.51633	64.1
	14	-104.180	0.60	1.84666	23.9
	15	7.767	可変		
4	16	7.487	2.87	1.51450	63.1
	17	-32.099	可変		
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

【0085】非球面形状は前述の式(26)により定義される。なお、第8、第11、第12及び第17面は非球面であって、その非球面係数を表23に示す。

【0086】

【表23】

面	8	11	12	17
K	-1.30349	-7.88646E-1	-6.28638	-3.39558E-2
D	-6.01825E-4	-1.39605E-4	3.77147E-6	3.36145E-4
E	-2.10812E-5	2.87960E-7	1.19995E-7	3.53837E-6
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【0087】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表24に示す。この表から標準位置は第2群の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、 f 、 $F/N\circ$ 及び ω は、各々広角端、標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0088】

【表24】

	広角端	標準	望遠端
f	4.825	22.851	44.488
$F/N\circ$	1.46	2.25	2.67
$2\omega(^{\circ})$	59.96	12.62	6.59
5	0.700	9.806	12.450
10	12.783	3.677	1.033
15	6.099	1.666	5.050
18	1.014	5.497	2.063

【0089】 続いて、数値例8についての条件(3)～(6)、(13)～(16)および(18)の具体的な数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w/f_1 = 0.222$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w/|f_2| = 1.136$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w/f_3 = 0.436$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w / f_4 = 0.399$$

$$\text{式 (13)} \quad f_{31} / |f_{323}| = 0.691$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311} / r_{319} = 0.529$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321} / r_{329} = 0.413$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211} / r_{219} = 1.078$$

$$\text{式 (18)} \quad r_{421} / r_{429} = 1.078$$

【0090】《実施例1の各数値例における収差性能》図3、図4及び図5は、各々上記表1に示した実施例1の数値例1における非球面ズームレンズの収差性能を示す収差曲線図である。同様に図6、図7及び図8は上記実施例1の数値例2における非球面ズームレンズの収差性能を示す。同様に図9、図10及び図11は上記実施例1の数値例3における非球面ズームレンズの収差性能を示す。同様に図12、図13及び図14は上記実施例1の数値例4における非球面ズームレンズの収差性能を示す。同様に図15、図16及び図17は上記実施例1の数値例5における非球面ズームレンズの収差性能を示す。同様に図18、図19及び図20は上記実施例1の数値例6における非球面ズームレンズの収差性能を示す。同様に図21、図22及び図23は上記実施例1の数値例7における非球面ズームレンズの収差性能を示す。同様に図24、図25及び図26は上記実施例1の数値例8における非球面ズームレンズの収差性能を示す。

【0091】なお、上記各図において、(a)は球面収差の図であって、実線はd線に対する値、点線は正弦条件を示す。また、(b)は非点収差の図であって、実線はサジタル像面湾曲、点線はメリディオナル像面湾曲を示す。さらに、(c)は歪曲収差を示す図、(d)は軸上収差の図であって、実線はd線、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。(e)は倍率色収差の図であって、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。これらの図から、上記実施例の8つの具体的な数値に基づくズームレンズが良好な光学性能を有していることがわかる。

面	8	11	12	16
K	-1.46313	-7.54703E-1	-6.04953	2.92653E-1
D	-6.71083E-4	-1.78353E-4	2.71911E-6	-2.24651E-4
E	-2.14482E-5	9.08433E-8	8.94155E-8	-9.28589E-6
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【0096】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、2m物点の時の値を表27に示す。この表から標準位置は第2群の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、f、F/N_o及びωは、各々広角端、標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【0097】

【表27】

【0092】《実施例2の数値例》続いて、実施例2についての具体的な数値例を表25に示す。この数値例では、(f_w · tanω) / (f₁ + |f₂|)^{1/2}の値は0.289に設定された。また、f_w · |p_{3c}|の値は、0.652に設定された。同表においては、rはレンズの曲率半径、dはレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、nは各レンズのd線に対する屈折率、νは各レンズのd線に対するアッペ数を表す。

【0093】

【表25】

群	面	r	d	n	ν
1	1	48.298	0.90	1.50518	25.4
	2	17.769	4.53	1.60311	60.7
	3	-67.792	0.20		
	4	14.615	2.67	1.69680	55.5
	5	42.519	可変		
2	6	42.519	0.60	1.77250	49.6
	7	4.840	2.15		
	8	-6.475	0.80	1.66547	55.2
	9	5.884	1.80	1.80518	25.4
	10	-317.238	可変		
3	11	7.718	4.60	1.66547	55.2
	12	-12.767	0.10		
	13	15.123	2.40	1.51633	64.1
	14	-37.470	0.10		
	15	-47.282	0.60	1.84666	23.9
	16	6.340	可変		
4	17	8.043	2.50	1.51450	63.1
	18	-25.947	可変		
5	19	∞	4.0	1.51633	64.1
	20	∞			

【0094】非球面形状は前述の式(26)により定義される。なお、第8、第11、第12及び第16面は非球面であって、その非球面係数を表26に示す。

【0095】

【表26】

	広角端	標準	望遠端
f	4.886	23.143	44.946
F/NO	1.49	2.28	2.70
$2\omega(^{\circ})$	59.23	12.52	6.53
5	0.700	9.807	12.450
10	13.389	4.276	1.633
16	6.099	1.501	4.968
18	1.000	5.598	2.132

【0098】 続いて、上記実施例2の具体的数値例についての条件(3)～(6)、(13)～(17)の具体的数値を次に示す。

$$\text{式 (3)} \quad f_w/f_1 = 0.225$$

$$\text{式 (4)} \quad f_w/|f_2| = 1.151$$

$$\text{式 (5)} \quad f_w/f_3 = 0.441$$

$$\text{式 (6)} \quad f_w/f_4 = 0.399$$

$$\text{式 (13)} \quad f_{31}/|f_{323}| = 0.747$$

$$\text{式 (14)} \quad r_{311}/r_{319} = 0.529$$

$$\text{式 (15)} \quad r_{321}/r_{329} = 0.290$$

$$\text{式 (16)} \quad r_{211}/r_{219} = 1.108$$

$$\text{式 (17)} \quad r_{411}/r_{419} = 0.681$$

【0099】 図27、図28及び図29は、各々上記表1に示した実施例1の第1の具体的数値における非球面ズームレンズの収差性能を示す。なお、上記各図において、(a)は球面収差の図であって、実線はd線に対する値、点線は正弦条件を示す。また、(b)は非点収差の図であって、実線はサジタル像面湾曲、点線はメリディオナル像面湾曲を示す。さらに、(c)は歪曲収差を示す図、(d)は軸上収差の図であって、実線はd線、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。(e)は倍率色収差の図であって、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。これらの図から、上記実施例の具体的数値に基づくズームレンズが良好な光学性能を有していることがわかる。

【0100】 《ビデオカメラ等の実施例》図30は、本発明のズームレンズを使用したビデオカメラの構成を示す図である。図において、ズームレンズ301は上記実施例のように構成されたものであり、他にローパスフィルタ302、撮像素子303、マイクロホン304、信号処理回路305、ビューファインダ306、音声モニタ307及び記録系308によって基本的に構成されている。さらに、付加機能を追加することも可能である。図31は、本発明のズームレンズを使用した電子スチルカメラの構成を示す図である。図において、ズームレンズ311は上記実施例のように構成されたものであり、他にローパスフィルタ312、撮像素子313、信号処理回路314、液晶モニタ315及び記録系316によって構成されている。記録系316には、被写体映像の他に撮影条件等を記録する機能を兼ね備えている。さら

に、付加機能を追加することも可能である。

【0101】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明のズームレンズによれば、請求項1に記載した一定の構成により、Fナンバーが約1.4、画角が59°以上、ズーム比が約10倍でコンパクトかつ高性能な非球面ズームレンズを、10枚という最小限のレンズ枚数により実現することができるという効果がある。

【0102】 このようなズームレンズをビデオカメラや電子スチルカメラに用いれば、小型・軽量・高性能な製品を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1のズームレンズの構成を示す図である。

【図2】 本発明の実施例2のズームレンズの構成を示す図である。

【図3】 実施例の第1の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。

【図4】 同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。

【図5】 同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図6】 実施例1の第2の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。

【図7】 同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。

【図8】 同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図9】 実施例1の第3の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。

【図10】 同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。

【図11】 同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図12】 実施例1の第4の具体的数値例における非球面ズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。

【図13】 同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。

【図14】 同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図15】 実施例1の第5の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。

【図16】 同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。

【図17】 同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図18】 実施例1の第6の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。

【図19】 同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。 -

【図20】同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図21】実施例1の第7の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示すである。

【図22】同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。

【図23】同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図24】実施例1の第8の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示すである。

【図25】同ズームレンズの標準位置での収差図を示す図である。

【図26】同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図27】実施例2の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示すである。

【図28】同ズームレンズの標準位置での収差図を示す

図である。

【図29】同ズームレンズの望遠端での収差図を示す図である。

【図30】実施例1のズームレンズを用いて構成したビデオカメラの構成を示す図である。

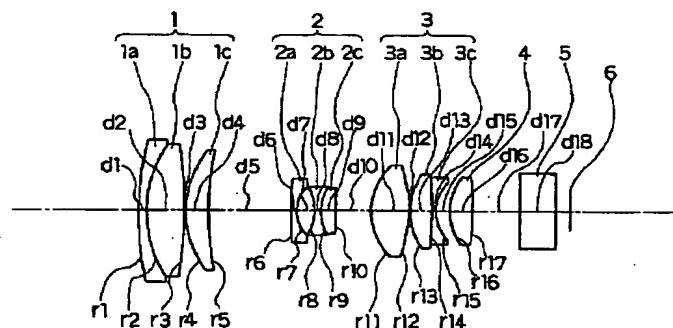
【図31】実施例1のズームレンズを用いて構成した電子スチルカメラの構成を示す図である。

【図32】従来のズームレンズの構成を示す図である。

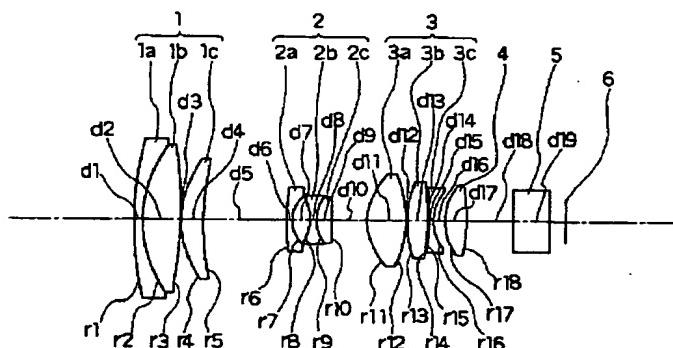
【符号の説明】

- 1 第1レンズ群
- 1a、1b、1c レンズ
- 2 第2レンズ群
- 2a、2b、2c レンズ
- 3 第3レンズ群
- 3a、3b、3c レンズ
- 4 第4レンズ群
- 6 像面

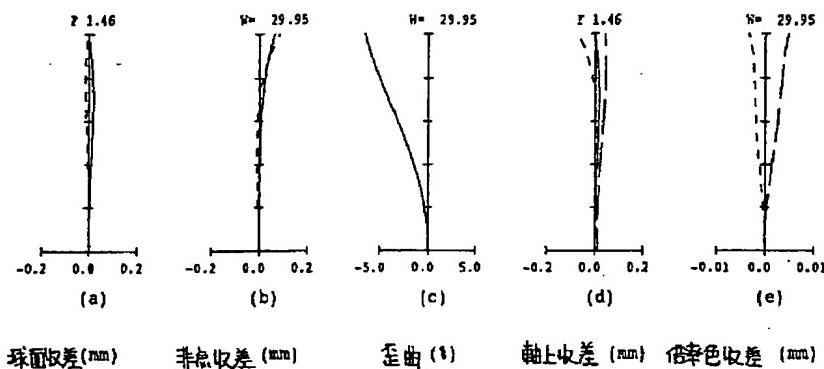
【図1】



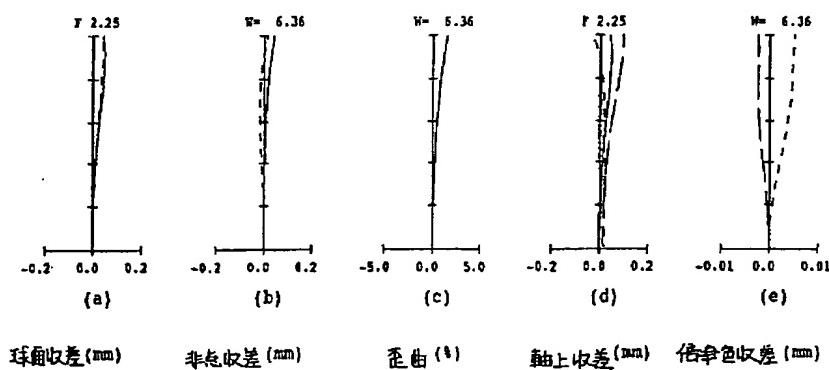
【図2】



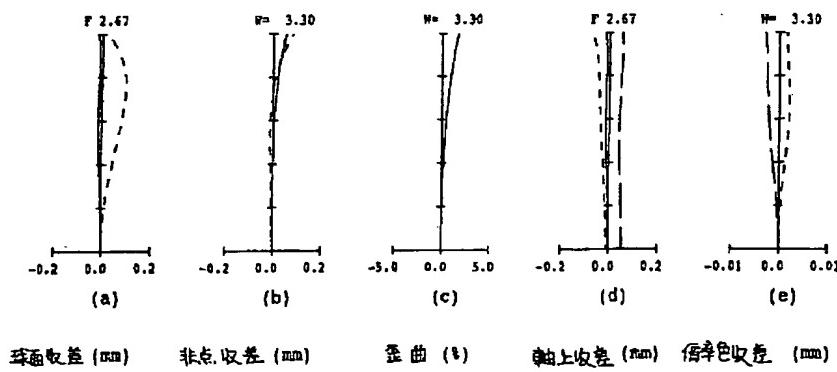
【図3】



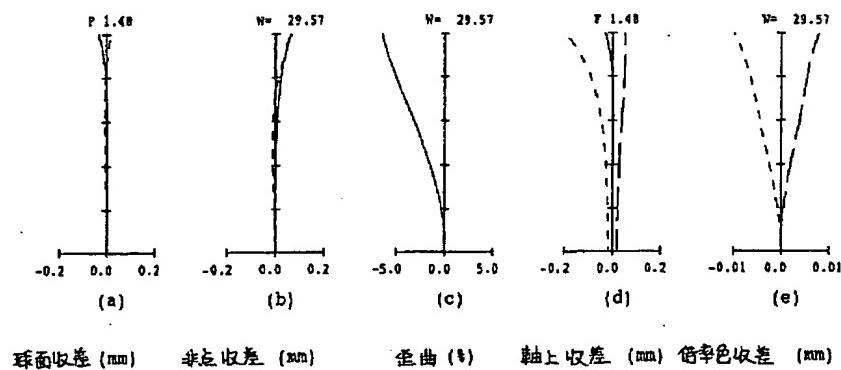
【図4】



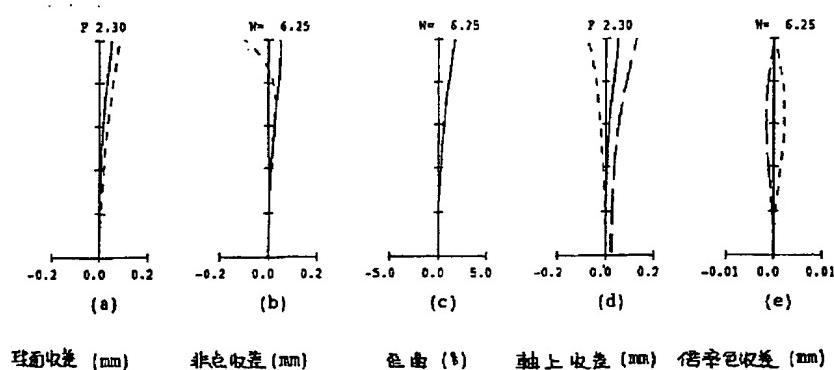
【図5】



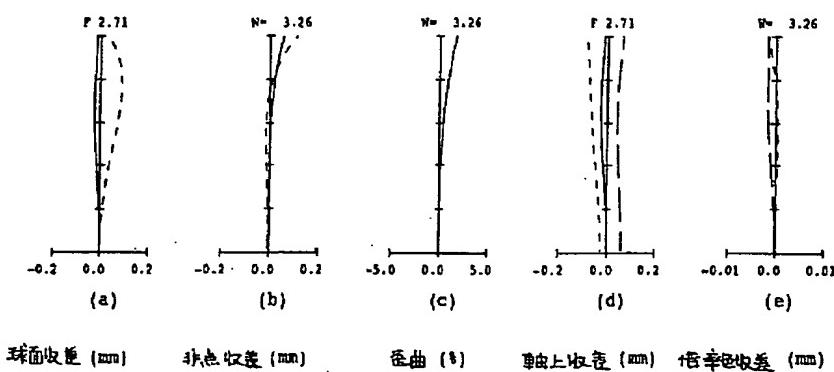
【図6】



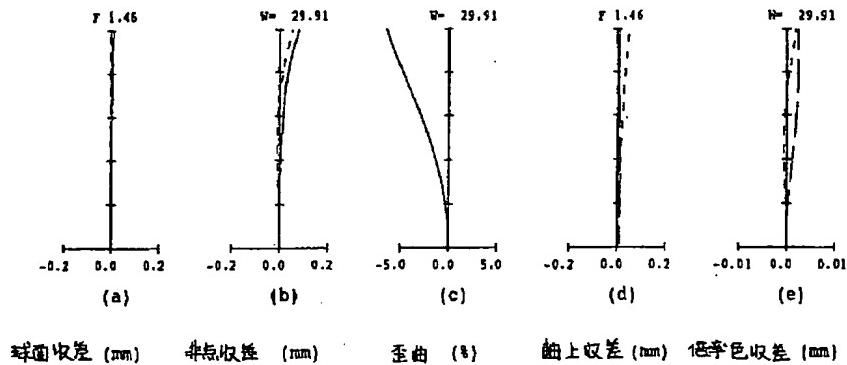
【図7】



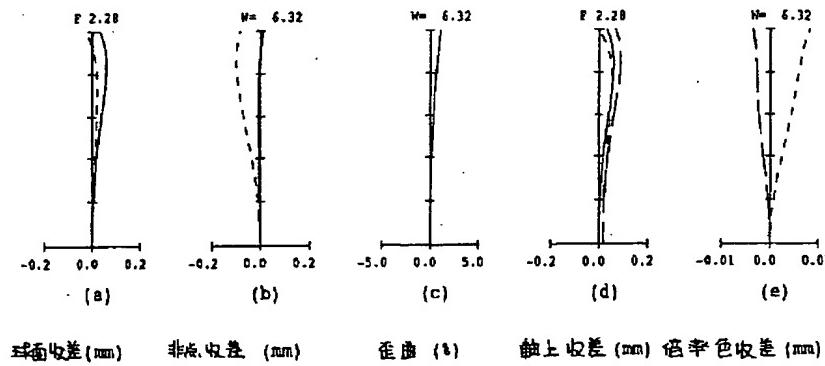
【図8】



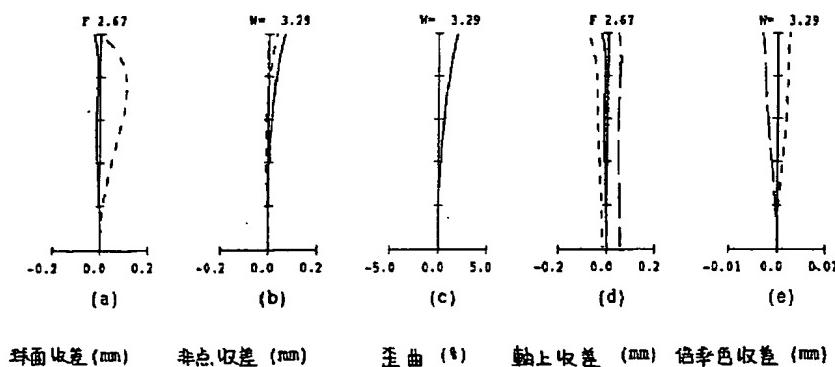
【図9】



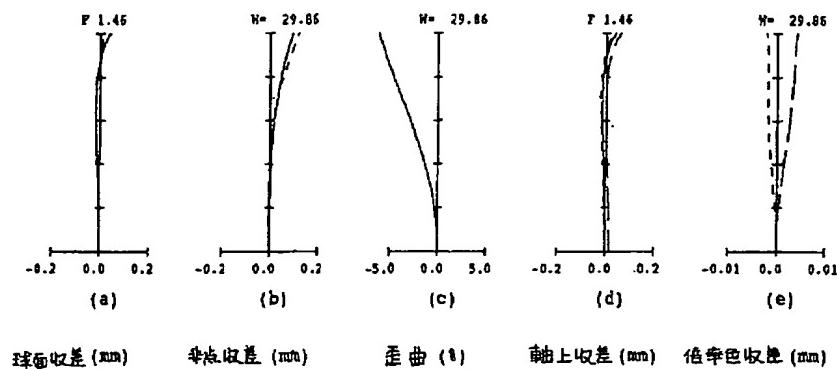
【図10】



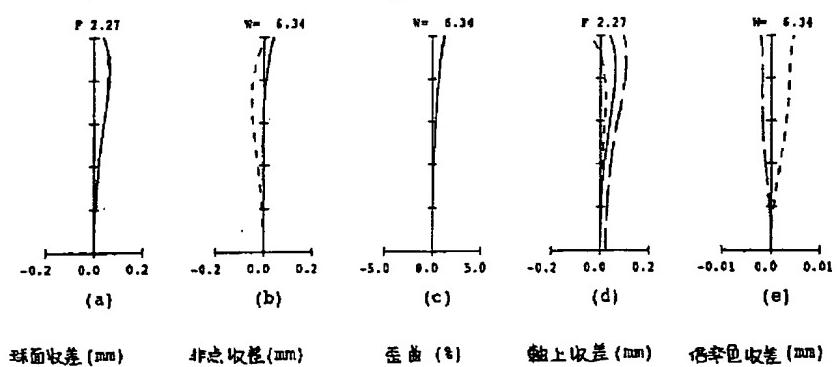
【図11】



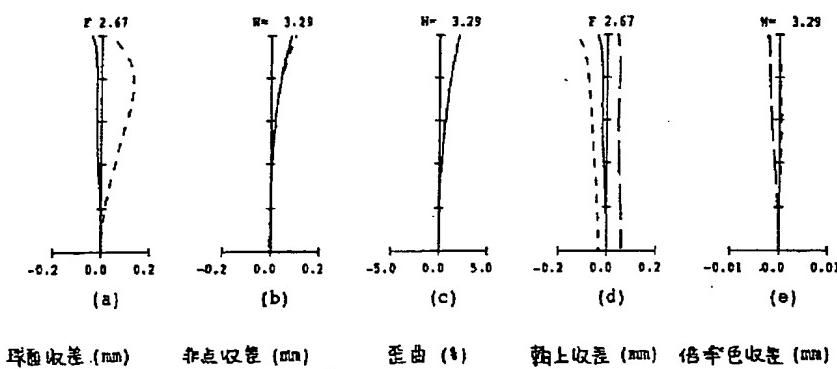
【図12】



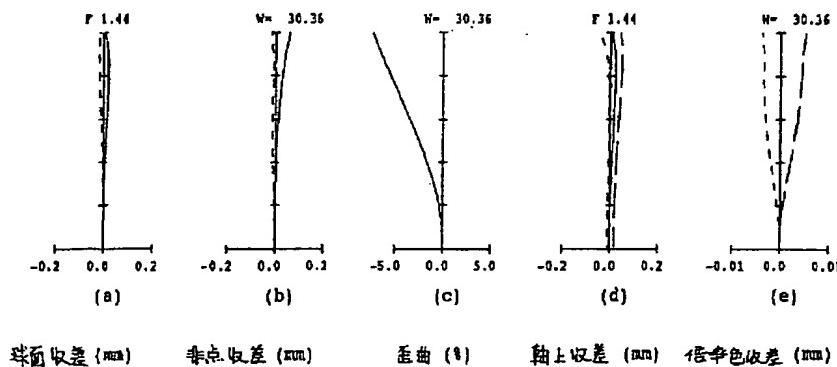
【図13】



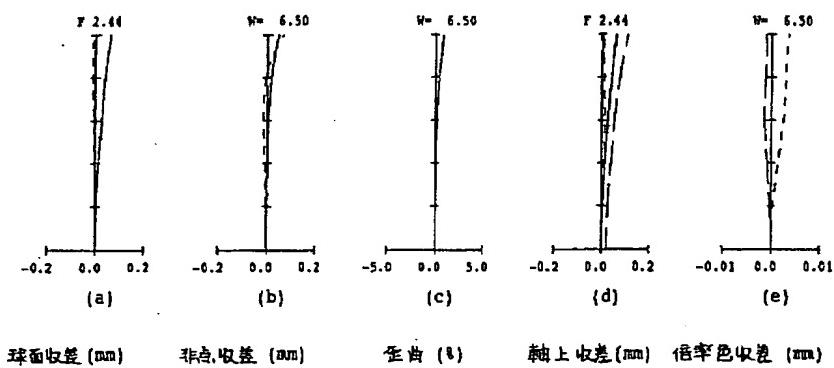
【図14】



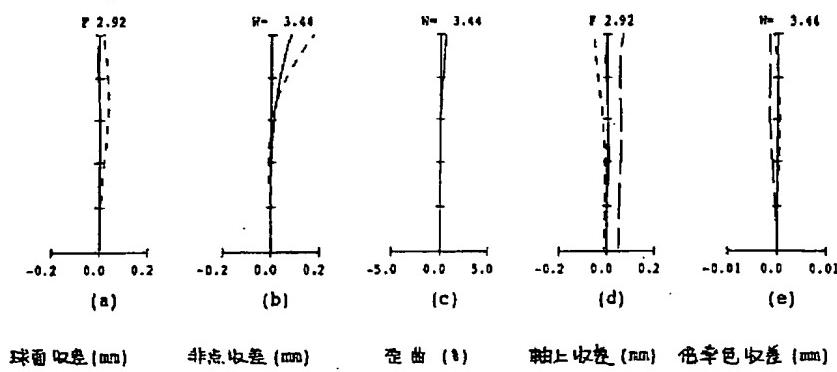
【図15】



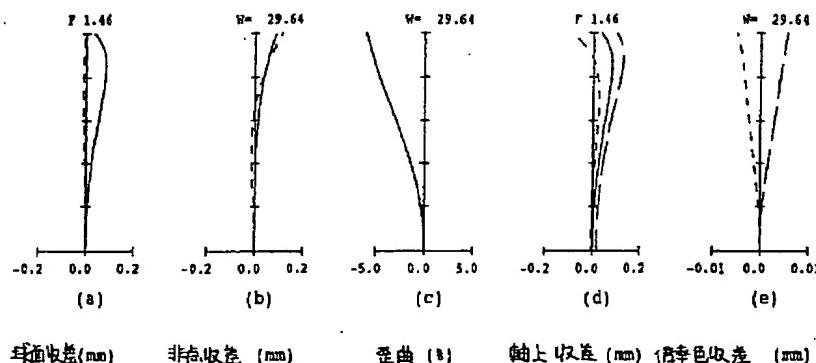
【図16】



【図17】

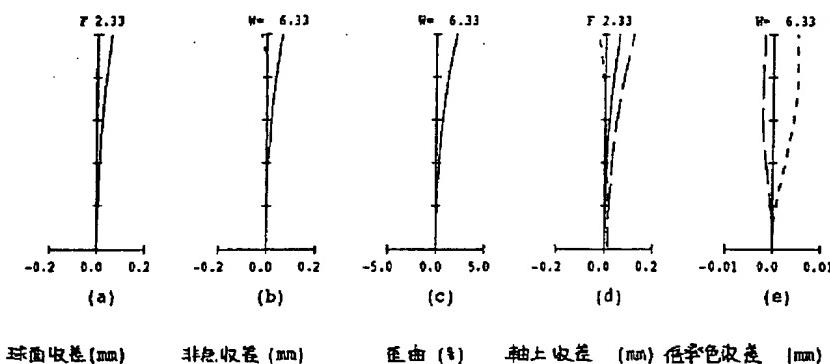


【図18】



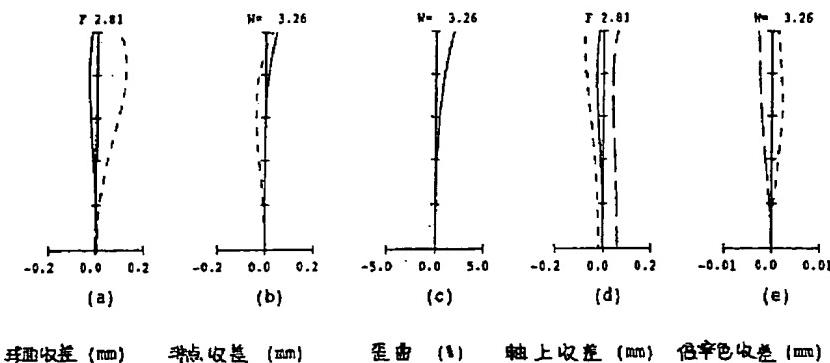
球面収差 (mm) 色差 (mm) 曲率 (%) 散光 (mm) 彗差 (mm)

【図19】



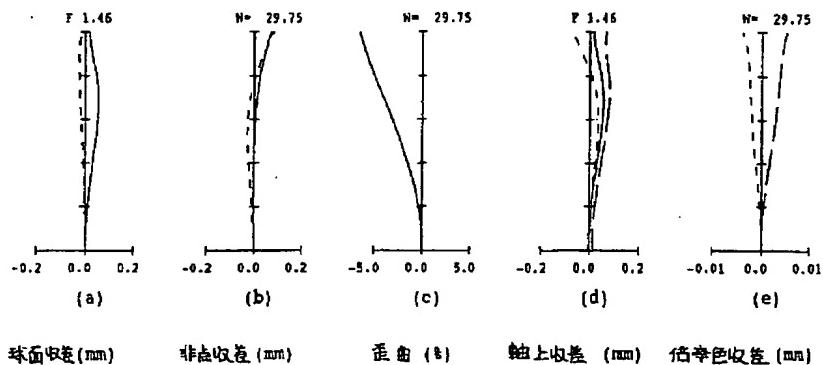
球面収差 (mm) 色差 (mm) 曲率 (%) 散光 (mm) 彗差 (mm)

【図20】

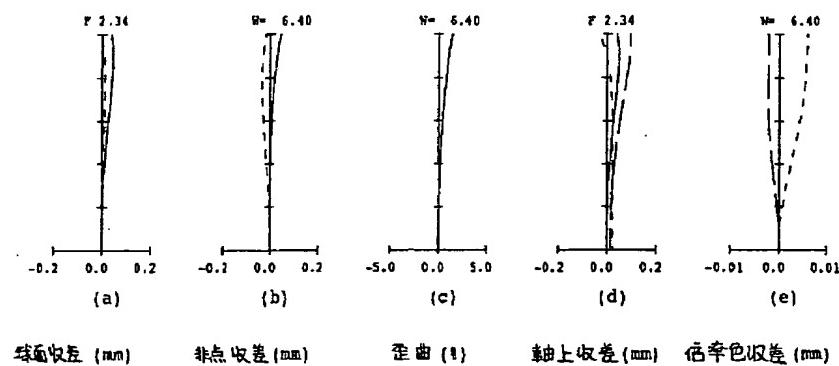


球面収差 (mm) 色差 (mm) 曲率 (%) 散光 (mm) 彗差 (mm)

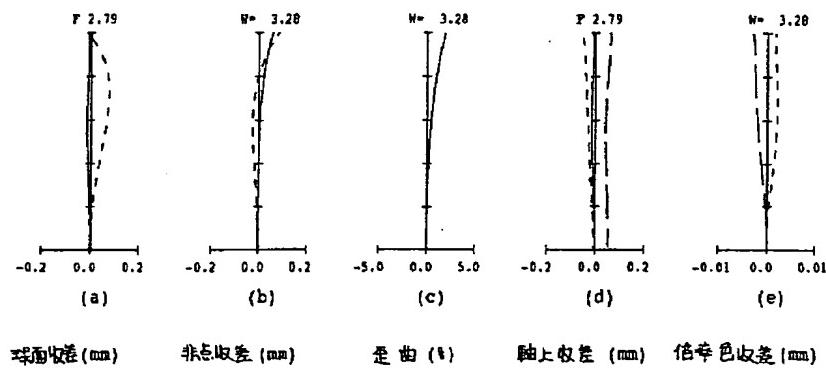
【図21】



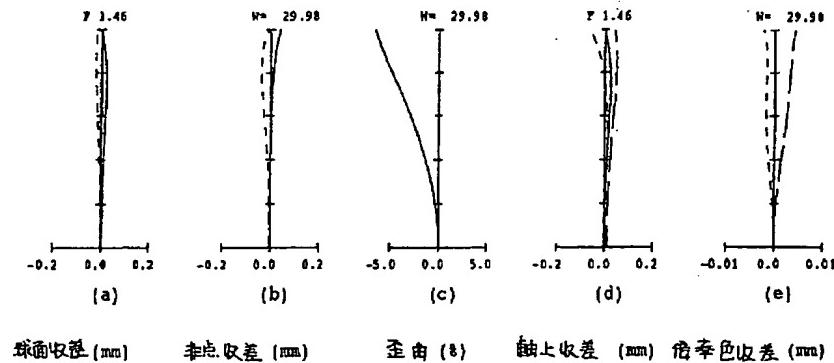
【図22】



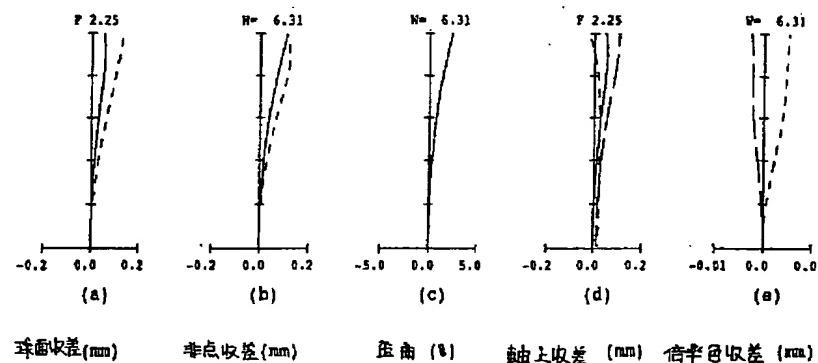
【図23】



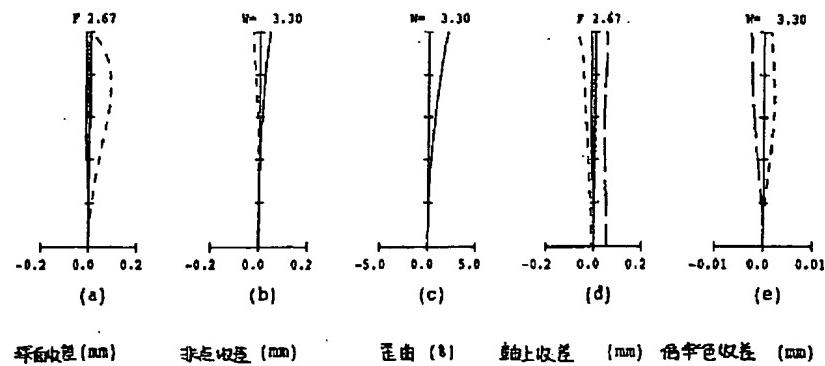
【図24】



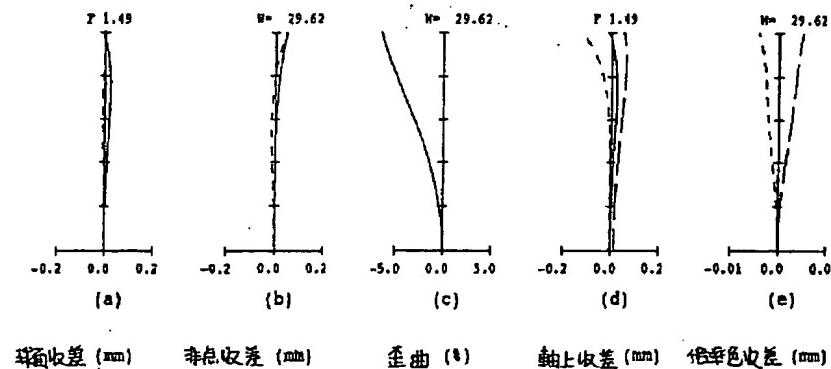
【図25】



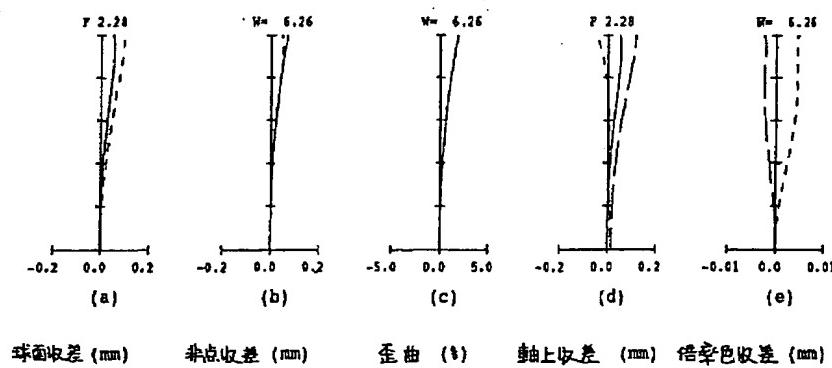
【図26】



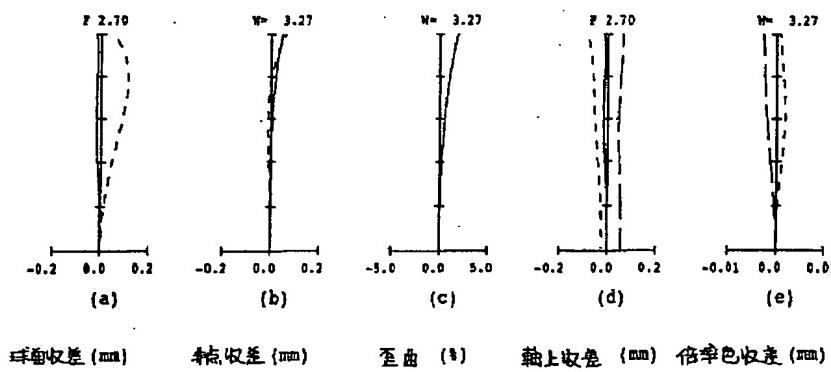
【図27】



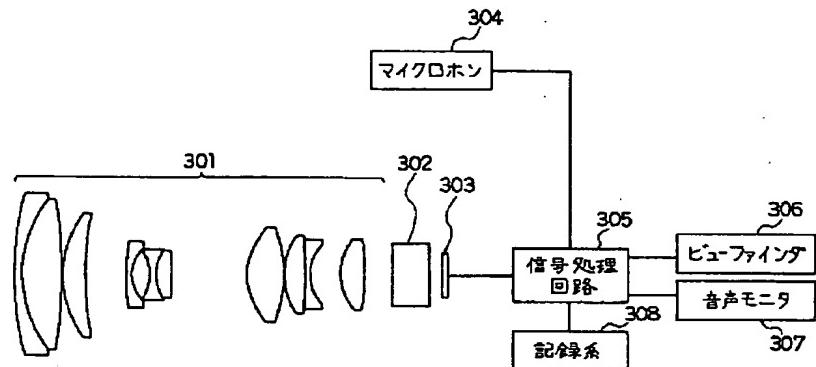
【図28】



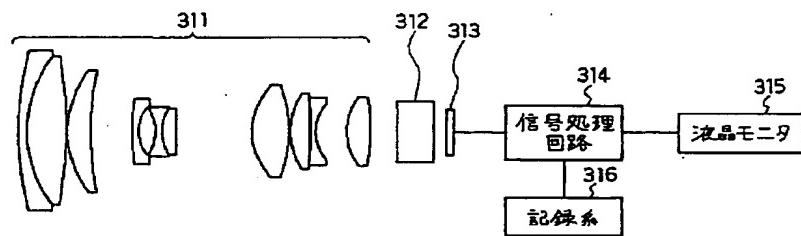
【図29】



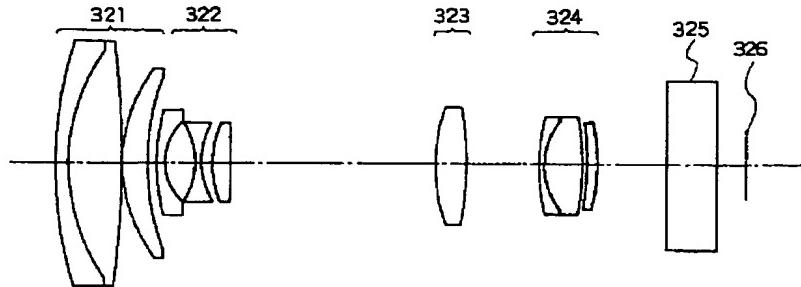
【図30】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

(72) 発明者 柿本 剛
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成13年2月9日(2001.2.9)

【公開番号】特開平9-281392

【公開日】平成9年10月31日(1997.10.31)

【年通号数】公開特許公報9-2814

【出願番号】特願平8-114092

【国際特許分類第7版】

G02B 15/16

13/18

【F1】

G02B 15/16

13/18

【手続補正書】

【提出日】平成11年12月13日(1999.12.13)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項2】 前記第3レンズ群において、前記レンズ(3a)は両凸レンズであり、前記レンズ(3c)は像面側に凹面を向けて配置され、その凹面の屈折力をp3cとし、ズームレンズの広角端における全系の焦点距離をfwとすると、

$$0.40 < fw + |p3c| < 1.04$$

を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項5

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項5】 fwをズームレンズの広角端における焦点距離、fi(i=1, 2, 3, 4)を第iレンズ群の焦点距離として、

$$0.14 < fw/f1 < 0.31,$$

$$0.76 < fw/|f2| < 1.57,$$

$$0.30 < fw/f3 < 0.59, \text{ 及び}$$

$$0.26 < fw/f4 < 0.55$$

を満足する請求項1～4のいずれかに記載のズームレンズ。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項6

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項6】 fwをズームレンズの広角端における焦点距離、fi(i=1, 2, 3, 4)を第iレンズ群の焦点距離、ωを広角端における半画角、p3cを前記第3レンズ群のレンズ(3c)の像面側の面の屈折力として、

$$0.255 < (fw \cdot \tan\omega) / (f1 + |f2|) \\ 1/2 < 0.301,$$

$$0.643 < fw + |p3c| < 0.799,$$

$$0.212 < fw/f1 < 0.232,$$

$$1.081 < fw/|f2| < 1.205,$$

$$0.434 < fw/f3 < 0.453, \text{ 及び}$$

$$0.376 < fw/f4 < 0.421$$

を満足する請求項1～4のいずれかに記載のズームレンズ。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項10

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項10】 前記第2レンズ群において、前記両凹レンズ(2b)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr211、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr219として、

$$0.74 < r211/r219 < 1.52$$

を満足する請求項1～9のいずれかに記載のズームレンズ。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項13

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項13】 前記第3レンズ群のレンズ(3a)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr311、有効径

の9割の径における局所的な曲率半径をr₃₁₉とし、前記第3レンズ群のレンズ(3a)の前記像面側の非球面レンズ有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr₃₂₁、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr₃₂₉とし、

前記第2レンズ群の前記両凹レンズ(2b)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における曲率半径をr₂₁₁、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr₂₁₉とし、

前記第4レンズ群のレンズ(4)が前記物体側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr₄₁₁、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr₄₁₉、また、前記像面側の面に非球面を形成しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr₄₂₁、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr₄₂₉として、

$$0.492 < f_{31} / |f_{323}| < 0.827,$$

$$0.412 < r_{311} / r_{319} < 0.767,$$

$$0.193 < r_{321} / r_{329} < 0.551,$$

$$1.059 < r_{211} / r_{219} < 1.170, \text{ 及び}$$

$$0.490 < r_{411} / r_{419} < 0.787$$

又は

$$0.915 < r_{421} / r_{429} < 1.470$$

を満足する請求項1～12のいずれかに記載のズームレンズ。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】結像面326に対して固定された第1レンズ群321は結像作用を有し、光軸上を前後に移動する第2レンズ群322は倍率を変えて、レンズ系全体の焦点距離を変化させる。固定群である第3レンズ群323は、第2レンズ群322によって生じる発散光を集光する作用を有し、光軸上を前後に移動する第4レンズ群324はフォーカス作用を有する。また、ズーミング時の第2レンズ群322の移動によって生じる像面位置の変動を、第4レンズ群324が移動することによって一定の位置に結像するように補正し、常に像面を一定に保っている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、第1レンズ群から第4レンズ群を具備した一定の構成において、各レンズ群を以下のように構成する。第1

レンズ群は、物体側から順に負の屈折力を有するレンズ、正の屈折力を有するレンズ、及び正の屈折力を有し前記物体側が凸面のメニスカスレンズにより構成する。第2レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ、負の屈折力を有する両凹レンズ、及び前記両凹レンズに接合された物体側が凸面である正の屈折力を有するレンズにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であるように構成する。第3レンズ群は、物体側から順に正の屈折力を有するレンズ、正の屈折力を有するレンズ、及び負の屈折力を有するレンズにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であるように構成する。第4レンズ群は、少なくとも1枚のレンズにより構成され、そのレンズの少なくとも1面は非球面であるように構成する。そして、広角端における焦点距離をf_w、広角端における半画角をω、第1レンズ群の焦点距離をf₁、第2レンズ群の焦点距離をf₂として、

$$0.17 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) < 1/2 < 0.39$$

を満足するように構成する。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【発明の実施の形態】本発明のズームレンズは、被写体たる物体側から順に、正の屈折力を有し像面に対して固定された第1レンズ群と、負の屈折力を有し光軸上を移動することによって変倍作用を及ぼす第2レンズ群と、像面に対して固定され集光作用を担う正の屈折力を有する第3レンズ群と、前記第2レンズ群の移動及び被写体とする物体の移動に伴い変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力を有する第4レンズ群とを具備したズームレンズであって、前記第1レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ1a、正の屈折力を有するレンズ1b、及び正の屈折力を有し前記物体側が凸面のメニスカスレンズ1cにより構成され、前記第2レンズ群は、前記物体側から順に負の屈折力を有するレンズ2a、負の屈折力を有する両凹レンズ2b、及び前記両凹レンズに接合された物体側が凸面である正の屈折力を有するレンズ2cにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であり、前記第3レンズ群は、物体側から順に正の屈折力を有するレンズ3a、正の屈折力を有するレンズ3b、及び負の屈折力を有するレンズ3cにより構成され、それらのレンズの表面の少なくとも1面は非球面であり、前記第4レンズ群は、少なくとも1枚のレンズ4により構成され、そのレンズの少なくとも1面は非球面であり、広角端における焦点距離をf_w、広角端に

おける半画角を ω 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第
 $0.17 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) 1/2 < 0.39 \dots (1)$

)
を満足し、広角端において 59° 以上の画角を有する。
条件式(1)は、バックフォーカス及び画角に関する式
であり、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) 1/2$
の値が、条件式(1)の下限を下回ると画角は広くなる
が、十分なバックフォーカスが得られない。一方、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) 1/2$ の値が、条件
式(1)の上限を越えると十分なバックフォーカスは得
られるものの、広い画角が得られない。すなわち、条件
式(1)を満たすように設定することにより、十分なバ
ックフォーカスと広い画角(59° 以上)が得られる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】上記構成において、第3レンズ群の最も像
面側のレンズ3cは、p3cをレンズ3cの像面側の面
の屈折力、 f_w をズームレンズ全系の広角端の焦点距離
として、

$$0.40 < f_w \cdot |p_{3c}| < 1.04 \dots (2)$$

を満足することが好ましい。ここで、面の屈折力とは、
その面への入射側の媒質の屈折率を n_1 、出射側の媒質
の屈折率を n_2 、面の曲率半径を r としたとき、 $(n_2 - n_1) / r$ で求められる値である。条件式(2)はF
ナンバー及びバックフォーカスに関する式であり、ズーム
レンズのコンパクトさに密接な関係を有する。 $f_w \cdot$
 $|p_{3c}|$ の値が、条件式(2)の下限を下回ると、小
さなFナンバーが確保できるものの、十分なバックフォ
ーカスが得られない。一方、 $f_w \cdot |p_{3c}|$ の値が、
条件式(2)の上限を越えると、十分なFナンバーを確
保するためには、バックフォーカスが長くなり、レンズ

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) 1/2 < 0.301 \dots (7)$$

$$0.643 < f_w \cdot |p_{3c}| < 0.799 \dots (8)$$

$$0.212 < f_w / f_1 < 0.232 \dots (9)$$

$$1.081 < f_w / |f_2| < 1.205 \dots (10)$$

$$0.434 < f_w / f_3 < 0.453 \dots (11)$$

$$0.376 < f_w / f_4 < 0.421 \dots (12)$$

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

$$0.34 < f_{31} / |f_{323}| < 1.05 \dots (13)$$

を満足することが望ましい。条件式(13)はバックフ
ォーカス及びFナンバーに関する条件式であり、 f_{31}
 $/ |f_{323}|$ の値が、条件式(13)の下限を下回る
と、十分なFナンバーを確保するために、第3群のレン

2レンズ群の焦点距離を f_2 とすると、
 $0.17 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) 1/2 < 0.39 \dots (1)$

系のコンパクトさが損なわれる。すなわち、条件式

(2)を満たすように設定することにより、十分なFナ
ンバーとバックフォーカスとを確保しながら非常にコン
パクトなズームレンズが得られる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】上記各構成において、 f_w を広角端における
焦点距離、 f_i ($i = 1, 2, 3, 4$)を第*i*レンズ
群の焦点距離として、次の条件式(3)～(6)を満足
することが好ましい。

$$0.14 < f_w / f_1 < 0.31 \dots (3)$$

$$0.76 < f_w / |f_2| < 1.57 \dots (4)$$

$$0.30 < f_w / f_3 < 0.59 \dots (5)$$

$$0.26 < f_w / f_4 < 0.55 \dots (6)$$

条件式(3)～(6)は各レンズ群の屈折力を規定する
条件式であるが、この条件式を満足させることによりズ
ームレンズのコンパクトさを実現する強い屈折力が得ら
れる。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】また、 f_w を広角端における焦点距離、 f_i
($i = 1, 2, 3, 4$)を第*i*レンズ群の焦点距離、
 ω を広角端における半画角、 p_{3c} を第3レンズ群のレン
ズ3cの像面側の面の屈折力として、次の条件式
(7)～(12)を満足することがより好ましい。

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) 1/2 < 0.301 \dots (7)$$

$$0.643 < f_w \cdot |p_{3c}| < 0.799 \dots (8)$$

$$0.212 < f_w / f_1 < 0.232 \dots (9)$$

$$1.081 < f_w / |f_2| < 1.205 \dots (10)$$

$$0.434 < f_w / f_3 < 0.453 \dots (11)$$

$$0.376 < f_w / f_4 < 0.421 \dots (12)$$

【補正内容】

【0015】また、第3レンズ群は、レンズ3a、3b
及び3cにおいて、レンズ3aの焦点距離を f_{31} 、レ
ンズ3b及び3cの合成焦点距離を f_{323} として、
 $0.34 < f_{31} / |f_{323}| < 1.05 \dots (13)$

ズ径が大きくなり、また、バックフォーカスが長くなる
ため、コンパクトなズームレンズが実現できない。また、 $f_{31} / |f_{323}|$ の値が、条件式(13)の上
限を越えると、十分なFナンバーを確保できるもの、

十分なバックフォーカスが得られない。すなわち、条件式(13)を満たすように構成すればコンパクトな構成ながら十分なバックフォーカスを得ることができる。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】第3レンズ群の第1レンズの物体側の非球面のレンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr311、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr319、第3レンズ群のレンズ3aの像面側の非球面のレンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr321、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr329、第2レンズ群の両凹レンズ2bの物体側の面の非球面のレンズの有効径の1割の径における曲率半径をr211、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr219、第4レンズ群のレンズが物体側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr411、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr419、また、第4レンズ群のレンズが像面側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr421、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr429として、次の条件式(14)～(18)を満足することが望ましい。

$$0.29 < r_{311} / r_{319} < 1.00 \quad \dots (14)$$

$$0.14 < r_{321} / r_{329} < 0.72 \quad \dots (15)$$

$$0.74 < r_{211} / r_{219} < 1.52 \quad \dots (16)$$

及び

$$0.34 < r_{411} / r_{419} < 1.03 \quad \dots (17)$$

又は

$$0.64 < r_{421} / r_{429} < 1.91 \quad \dots (18)$$

なお、ここで言う、局所的な曲率半径は、面形状のサグ量（基準面からのずれ量）から割り出した非球面係数に基づき代数的に計算して得られた値である。条件式(14)～(18)は、非球面量を規定する条件式であり、ズームレンズの高い解像度を実現するために十分な収差補正能力を得る条件である。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】また、第3レンズ群の第1レンズの物体側の非球面のレンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr311、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr319、第3レンズ群のレンズ3aの像

$$0.492 < f_{311} / |f_{323}| < 0.827 \quad \dots (20)$$

$$0.412 < r_{311} / r_{319} < 0.767 \quad \dots (21)$$

$$0.193 < r_{321} / r_{329} < 0.551 \quad \dots (22)$$

$$1.059 < r_{211} / r_{219} < 1.170 \quad \dots (23)$$

及び

$$0.490 < r_{411} / r_{419} < 0.787 \quad \dots (24)$$

又は

$$0.915 < r_{421} / r_{429} < 1.470 \quad \dots (25)$$

を満足することがより好ましい。（なお、式(19)は欠番である。）

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

率半径をr321、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr329、第2レンズ群の両凹レンズ2bの物体側の面の非球面のレンズの有効径の1割の径における曲率半径をr211、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr219、第4レンズ群のレンズが物体側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr411、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr419、また、第4レンズ群のレンズが像面側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr421、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr429として、次の条件式(14)～(18)を満足することが望ましい。

面側の非球面のレンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr321、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr329、第2レンズ群の両凹レンズ2bの物体側の面の非球面の、レンズの有効径の1割の径における曲率半径をr211、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr219、第4レンズ群のレンズ4が物体側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr411、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr419、また、第4レンズ群のレンズが像面側の面に非球面を有しており、レンズの有効径の1割の径における局所的な曲率半径をr421、有効径の9割の径における局所的な曲率半径をr429として、次の条件式(20)～(25)を満足することがより好ましい。

【0019】

【実施例】以下、本発明のズームレンズの実施例について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【実施例1】図1は実施例1によるズームレンズの構成を示す図である。図1に示すズームレンズは、物体側（図の左側）から順に、正の屈折力を有し像面6に対して固定された第1レンズ群1、負の屈折力を有し光軸上

を移動することにより変倍作用を及ぼす第2レンズ群2、像面に対して固定され集光作用を担う正の屈折力の第3レンズ群3、及び、第2レンズ群2の移動及び被写体とする物体の移動に伴い変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力の第4レンズ群4から構成されている。また、第4レンズ群4と撮像面6との間には、光学的ローパスフィルタや撮像素子のフェースプレート等と等価な平板5が設けられている。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2 < 0.301 \dots (7)$$

を満足するように設定されている。条件式(7)はバックフォーカスと画角に関する式であって、仮に $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2$ の値が条件式(7)の下限を下回ると画角は広くなるが十分なバックフォーカスが得られない。一方、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2$ の値が条件式(7)の上限を越えると十分なバックフォーカスは得られるものの、広い画角が得られない。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】第1レンズ群1は、物体側から順に負の屈折力を有するレンズ1a、正の屈折力を有するレンズ1b及び正の屈折力を有する物体側が凸面のメニスカスレンズ1cにより構成されている。第2レンズ群2は、物体側から順に負の屈折力を有するレンズ2a、両凹レンズ2b及び正の屈折力を有するレンズ2cにより構成されている。第2レンズ群2の各レンズの少なくとも1面以上は非球面である。第3レンズ群3は、物体側から順に、正の屈折力を持ち両面が非球面に形成された両凸レンズ3a、物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズ3b及び負の屈折力を有するレンズ3cにより構成されている。正の屈折力を有するレンズ3bと負の屈折力を有するレンズ3cとは互いに微少な空気間隔を置いて配置されている。両凸レンズ3aの屈折力はレンズ3b及び3cの合成の屈折力よりも比較的強く設定されている。このような設定により、十分なバックフォーカスが得られると同時に、非常にコンパクトでありながら十分な収差補正を行うことができる。第4レンズ群4は、両凸の1枚のレンズ4aで構成されており、物体側が非球面に形成されている。

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】図1中、 r_i ($i = 1 \sim 17$) はレンズの曲率半径を表し、 d_k ($k = 1 \sim 18$) はレンズの肉厚または、レンズ間の空気間隔を表す。なお、2枚のレンズが接合された面の番号、曲率半径には同一番号を与えている。広角端における焦点距離を f_w 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における画角を ω としたとき、

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2 < 0.301 \dots (7)$$

を満足するように設定されている。条件式(7)はバックフォーカスと画角に関する式であって、仮に $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2$ の値が条件式(7)の下限を下回ると画角は広くなるが十分なバックフォーカスが得られない。一方、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2$ の値が条件式(7)の上限を越えると十分なバックフォーカスは得られるものの、広い画角が得られない。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】図2中、 r_i ($i = 1 \sim 18$) はレンズの曲率半径を表し、 d_k ($k = 1 \sim 19$) はレンズの肉厚または、レンズ間の空気間隔を表す。なお、2枚のレンズが接合された面の番号、曲率半径には同一番号を与えている。広角端における焦点距離を f_w 、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における画角を ω とすると、

$$0.255 < (f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2 < 0.301 \dots (7)$$

の関係を満足するように設定されている。条件式(7)はバックフォーカスと画角に関する式であって、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2$ の値が条件式(7)の下限を下回ると画角は広くなるが十分なバックフォーカスが得られない。一方、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|) \quad 1/2$ の値が条件式(7)の上限を越えると十分なバックフォーカスは得られるものの、広い画角が得られない。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】《実施例1及び2の共通補足事項》上記実施例1及び実施例2は、共通して以下の条件式を満足している。

$$0.643 < f_w + |p_{3c}| < 0.799 \dots (8)$$

条件式(8)は、Fナンバー及びバックフォーカスに関する式であり、ズームレンズのコンパクトさに密接な関係を有する。仮に $f_w + |p_{3c}|$ の値が条件式(8)の下限を下回ると、小さなFナンバーが確保できるものの、十分なバックフォーカスが得られない。一方、 $f_w + |p_{3c}|$ の値が条件式(8)の上限を越えると、十分なFナンバーを確保するためには、バックフォーカス

が長くなり、レンズ系のコンパクトさが損なわれる。しかしながら、本実施例では、条件式(8)の条件を満足するように $f_w \cdot |p_{3c}|$ が設定されているので、十分なFナンバーとバックフォーカスを確保しながら非常にコンパクトなズームレンズが得られる。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】第1レンズ群1の屈折力に関する条件式
(9)において、 f_w/f_1 の値が条件式(9)の下限を下回ると、第1レンズ群1の屈折力が大きくなり過ぎる。このため、長焦点側における球面収差及び軸外におけるコマ収差の補正が困難になる。一方、 f_w/f_1 の値が条件式(9)の上限を越えると、レンズ長が大きくなり、コンパクトなズームレンズが実現できない。第2レンズ群2の屈折力に関する条件式(10)において、 $f_w/|f_2|$ の値が条件式(10)の下限を下回る場合には、第2レンズ群2をコンパクトにできる。しかし、全系のペツツバール和が負の大きな値になり、硝材の選択のみでは像面湾曲の補正ができない。一方、 $f_w/|f_2|$ の値が条件式(10)の上限を越えると、収差補正是容易であるが、変倍系が長くなり、全系のコンパクト化が達成できない。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

$$0.34 < f_{31}/|f_{323}| < 1.05 \quad \dots (13)$$

この第3レンズ群3を構成するレンズ3a、3b及び3cは、上記の条件式(13)において、 $f_{31}/|f_{323}|$ が下限を下回ると十分なFナンバーを確保するために第3レンズ群3のレンズ径が大きくなる。また、バックフォーカスが長くなるため、コンパクトなズームレンズが実現できない。一方、上限を越えると、十分なFナンバーを確保できるものの、十分なバックフォーカスが得られない。

$$0.412 < r_{311}/r_{319} < 0.767 \quad \dots (21)$$

$$0.193 < r_{321}/r_{329} < 0.551 \quad \dots (22)$$

$$1.059 < r_{211}/r_{219} < 1.170 \quad \dots (23)$$

及び

$$0.490 < r_{411}/r_{419} < 0.787 \quad \dots (24)$$

または、

$$0.915 < r_{421}/r_{429} < 1.470 \quad \dots (25)$$

上記の条件式を満足するようにレンズ形状を決定することによりズームレンズの高解像度を実現する十分な収差補正能力が得られる。

【手続補正24】

【0028】第3レンズ群3の屈折力に関する条件式
(11)において、 f_w/f_3 の値が条件式(11)の下限を下回ると、第3レンズ群3の屈折力が大きくなり過ぎる。このため、水晶等を挿入するバックフォーカスを得ることができない。さらに球面収差の補正も困難になる。一方、 f_w/f_3 の値が条件式(11)の上限を越えると、第1レンズ群1、第2レンズ群2及び第3レンズ群3の合成焦点距離が発散系となるため、第4レンズ群4のレンズ外径が大きくなる。また、全系のペツツバール和を小さくすることができない。第4レンズ群4の屈折力に関する条件式(12)において、 f_w/f_4 の値が条件式(12)の下限を下回ると、画面包括範囲が狭くなる。このような場合、所望の範囲を得るために、第1レンズ群1のレンズ径を十分大きくする必要があり、小型・軽量化が実現できない。一方、 f_w/f_4 の値が条件式(12)の上限を越えると収差補正是容易であるが、近距離撮影時と遠距離撮影時との軸外収差のアンバランスの補正が困難となる。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】また、物体側から順に、第3レンズ群3を構成する正の屈折力を有するレンズ3a、正の屈折力を有するレンズ3b及び負の屈折力を有するレンズ3cにおいて、レンズ3aの焦点距離 f_{31} と、レンズ3b及びレンズ3cの合成焦点距離 f_{323} は次の条件式によって設定される。

$$\dots (13)$$

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正内容】

【0030】以下の式は非球面量を規定する条件式である。

$$\dots (21)$$

$$\dots (22)$$

$$\dots (23)$$

$$\dots (24)$$

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】 -

[0031] 第3レンズ群3の最も物体側のレンズの非球面に関する条件式(21)及び(22)において、 r_{311}/r_{319} 及び r_{321}/r_{329} の値がそれぞれ条件式(21)及び(22)の下限を下回ると、球面収差の補正量が少なすぎる結果となる。一方、 r_{311}/r_{319} 及び r_{321}/r_{329} の値がそれぞれ条件式(21)及び(22)の上限を超えると、球面収差の補正量が大きすぎて、十分な収差性能が得られない。第2レンズ群2の物体側から2番目の両凹レンズ2bの物体側の面の非球面に関する条件式(23)において、 r_{211}/r_{219} の値が条件式(23)の下限および上限からはずれると、広角と望遠の中間位置でのコマ収差が大きく発生し、フレアの原因となる。第4レンズ群4の単レンズ4aの物体側の非球面に関する条件式(24)において、 r_{411}/r_{419} の値が条件式(24)の下限及び上限を外れると像面湾曲や球面収差が大きく発生し、十分な性能が得られない。

【手続補正25】**【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0032**【補正方法】**変更**【補正内容】**

[0032] 《実施例1の数値例1》次に、上記図1に示す実施例1での具体的な数値例を表1に示す。この数値例1では、 $(fw \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)$ $1/2$ の値は0.2896に設定された。また、 $fw \cdot |p_{3c}|$ の値は、0.708に設定された。同表1においては、 r はレンズの曲率半径、 d はレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、 n は各レンズの d 線に対する屈折率、 ν は各レンズの d 線に対するアッペ数を表す。以上の各定義は、表4、表7、表10、表13、表16、表19、及び表22において、同じである。

【手続補正26】**【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0033**【補正方法】**変更**【補正内容】****【0033】****【表1】**

群	面	r	d	n	v
1	1	48.280	0.90	1.50518	25.4
	2	17.748	4.53	1.60311	60.7
	3	-67.680	0.20		
	4	14.615	2.67	1.89680	55.5
	5	42.483	可変		
2	6	42.483	0.80	1.77250	49.6
	7	4.482	2.15		
	8	-6.474	0.80	1.66547	55.2
	9	5.874	1.80	1.80518	25.4
	10	-323.142	可変		
3	11	7.889	4.55	1.66547	55.2
	12	-14.939	0.10		
	13	9.748	2.40	1.51633	64.1
	14	-104.180	0.60	1.84666	23.9
	15	5.767	可変		
4	16	7.481	2.87	1.51450	63.1
	17	-31.978	可変		
5	18	∞	4.30	1.51633	64.1
	19	∞			

【手続補正27】**【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0040**【補正方法】**変更**【補正内容】**

[0040] 続いて、本数値例1についての発明の実施の形態における条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を下に示す。

条件式(3) $fw/f_1 = 0.222$ **条件式(4)** $fw/|f_2| = 1.136$ **条件式(5)** $fw/f_3 = 0.436$ **条件式(6)** $fw/f_4 = 0.399$ **条件式(13)** $f_{31}/|f_{323}| = 0.692$ **条件式(14)** $r_{311}/r_{319} = 0.518$ **条件式(15)** $r_{321}/r_{329} = 0.437$ **条件式(16)** $r_{211}/r_{219} = 1.077$ **条件式(17)** $r_{411}/r_{419} = 0.690$ **【手続補正28】****【補正対象書類名】**明細書**【補正対象項目名】**0047**【補正方法】**変更**【補正内容】**

[0047] 続いて、数値例2についての条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

条件式(3) $fw/f_1 = 0.226$ **条件式(4)** $fw/|f_2| = 1.155$ **条件式(5)** $fw/f_3 = 0.442$ **条件式(6)** $fw/f_4 = 0.401$ **条件式(13)** $f_{31}/|f_{323}| = 0.821$ **条件式(14)** $r_{311}/r_{319} = 0.412$ **条件式(15)** $r_{321}/r_{329} = 0.193$ **条件式(16)** $r_{211}/r_{219} = 1.059$

条件式 (17) $r_{411}/r_{419} = 0.490$

【手続補正29】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正内容】

【0054】続いて、数値例3についての条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

条件式 (3) $f_w/f_1 = 0.222$

条件式 (4) $f_w/|f_2| = 1.136$

条件式 (5) $f_w/f_3 = 0.438$

条件式 (6) $f_w/f_4 = 0.398$

条件式 (13) $f_{31}/|f_{323}| = 0.492$

条件式 (14) $r_{311}/r_{319} = 0.767$

条件式 (15) $r_{321}/r_{329} = 0.206$

条件式 (16) $r_{211}/r_{219} = 1.130$

条件式 (17) $r_{411}/r_{419} = 0.687$

【手続補正30】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正内容】

【0061】続いて、数値例4についての条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

条件式 (3) $f_w/f_1 = 0.222$

条件式 (4) $f_w/|f_2| = 1.136$

条件式 (5) $f_w/f_3 = 0.438$

条件式 (6) $f_w/f_4 = 0.398$

条件式 (13) $f_{31}/|f_{323}| = 0.528$

条件式 (14) $r_{311}/r_{319} = 0.718$

条件式 (15) $r_{321}/r_{329} = 0.277$

条件式 (16) $r_{211}/r_{219} = 1.170$

条件式 (17) $r_{411}/r_{419} = 0.687$

【手続補正31】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正内容】

【0068】続いて、数値例5についての条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

条件式 (3) $f_w/f_1 = 0.213$

条件式 (4) $f_w/|f_2| = 1.082$

条件式 (5) $f_w/f_3 = 0.434$

条件式 (6) $f_w/f_4 = 0.376$

条件式 (13) $f_{31}/|f_{323}| = 0.764$

条件式 (14) $r_{311}/r_{319} = 0.491$

条件式 (15) $r_{321}/r_{329} = 0.551$

条件式 (16) $r_{211}/r_{219} = 1.080$

条件式 (17) $r_{411}/r_{419} = 0.787$

【手続補正32】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0075

【補正方法】変更

【補正内容】

【0075】続いて、数値例6についての条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

条件式 (3) $f_w/f_1 = 0.232$

条件式 (4) $f_w/|f_2| = 1.205$

条件式 (5) $f_w/f_3 = 0.453$

条件式 (6) $f_w/f_4 = 0.401$

条件式 (13) $f_{31}/|f_{323}| = 0.764$

条件式 (14) $r_{311}/r_{319} = 0.470$

条件式 (15) $r_{321}/r_{329} = 0.278$

条件式 (16) $r_{211}/r_{219} = 1.084$

条件式 (17) $r_{411}/r_{419} = 0.688$

【手続補正33】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】また、非球面形状は前述の式(26)で定義される。ここで、 Z は光軸からの高さが Y における非球面上の点の非球面頂点からの距離、 Y は光軸からの高さ、 C は非球面頂点の曲率($=1/r$)、 K は円錐定数、 D 、 E 、 F 、 G は非球面係数である。なお、第8、第11、第12及び第16面は非球面であって、その非球面係数を表20に示す。

【手続補正34】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0082

【補正方法】変更

【補正内容】

【0082】続いて、数値例7についての条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的な数値を次に示す。

条件式 (3) $f_w/f_1 = 0.232$

条件式 (4) $f_w/|f_2| = 1.205$

条件式 (5) $f_w/f_3 = 0.448$

条件式 (6) $f_w/f_4 = 0.398$

条件式 (13) $f_{31}/|f_{323}| = 0.696$

条件式 (14) $r_{311}/r_{319} = 0.504$

条件式 (15) $r_{321}/r_{329} = 0.434$

条件式 (16) $r_{211}/r_{219} = 1.128$

条件式 (17) $r_{411}/r_{419} = 0.676$

【手続補正35】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0088

【補正方法】変更

【補正内容】

【0088】

【表24】

	広角端	標準	望遠端
f	4.825	22.851	44.488
F/N _o	1.46	2.25	2.67
2ω(°)	59.96	12.62	6.59
5 10 15 17	0.700 12.783 6.099 1.014	9.806 3.677 1.668 5.497	12.450 1.033 5.050 2.063

【手続補正36】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0089

【補正方法】変更

【補正内容】

【0089】 続いて、数値例8についての条件式 (3) ~ (6)、(13) ~ (16) および (18) の具体的数値を次に示す。

条件式 (3) $f_w/f_1 = 0.222$ 条件式 (4) $f_w/|f_2| = 1.136$ 条件式 (5) $f_w/f_3 = 0.436$ 条件式 (6) $f_w/f_4 = 0.399$ 条件式 (13) $f_{31}/|f_{323}| = 0.691$ 条件式 (14) $r_{311}/r_{319} = 0.529$ 条件式 (15) $r_{321}/r_{329} = 0.413$ 条件式 (16) $r_{211}/r_{219} = 1.078$ 条件式 (18) $r_{421}/r_{429} = 1.078$

【手続補正37】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0091

【補正方法】変更

【補正内容】

【0091】 なお、上記各図において、(a) は球面収

面	8	11	12	17
K	-1.46313	-7.54703E-1	-6.04953	2.92653E-1
D	-6.71083E-4	-1.78353E-4	2.71911E-6	-2.24651E-4
E	-2.14482E-5	9.08433E-8	8.94155E-8	-9.28589E-6
F	0.0	0.0	0.0	0.0

【手続補正41】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0096

【補正方法】変更

【補正内容】

【0096】 次に、ズーミングにより可変な空気間隔の

差の図であって、実線はd線に対する値、点線は正弦条件を示す。また、(b) は非点収差の図であって、実線はサジタル像面湾曲、点線はメリディオナル像面湾曲を示す。さらに、(c) は歪曲収差を示す図、(d) は軸上収差の図であって、実線はd線、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。(e) は倍率色収差の図であって、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。これらの図から、上記実施例の8つの具体的な数値に基づくズームレンズが良好な光学性能を有していることがわかる。

【手続補正38】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0092

【補正方法】変更

【補正内容】

【0092】 《実施例2の数値例》続いて、実施例2についての具体的な数値例を表25に示す。この数値例では、 $(f_w \cdot \tan\omega) / (f_1 + |f_2|)^{1/2}$ の値は0.289に設定された。また、 $f_w \cdot |p_{3c}|$ の値は、0.652に設定された。表25において、rはレンズの曲率半径、dはレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、nは各レンズのd線に対する屈折率、vは各レンズのd線に対するアッペ数を表す。

【手続補正39】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0094

【補正方法】変更

【補正内容】

【0094】 非球面形状は前述の式(26)により定義される。なお、第8、第11、第12及び第17面は非球面であって、その非球面係数を表26に示す。

【手続補正40】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0095

【補正方法】変更

【補正内容】

【0095】

【表26】

一例として、2m物点の時の値を表27に示す。この表から標準位置は第2レンズ群2の負担する倍率が1となるズーム位置である。なお、f、F/N_o及びωは、各々広角端、標準位置、望遠端における焦点距離、Fナンバー及び入射半画角である。

【手続補正42】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0098

【補正方法】変更

【補正内容】

【0098】 続いて、上記実施例2の具体的数値例についての条件式(3)～(6)、(13)～(17)の具体的数値を次に示す。

$$\text{条件式 (3)} \quad f_w / f_1 = 0.225$$

$$\text{条件式 (4)} \quad f_w / |f_2| = 1.151$$

$$\text{条件式 (5)} \quad f_w / f_3 = 0.441$$

$$\text{条件式 (6)} \quad f_w / f_4 = 0.399$$

$$\text{条件式 (13)} \quad f_{31} / |f_{323}| = 0.747$$

$$\text{条件式 (14)} \quad r_{311} / r_{319} = 0.529$$

$$\text{条件式 (15)} \quad r_{321} / r_{329} = 0.290$$

$$\text{条件式 (16)} \quad r_{211} / r_{219} = 1.108$$

$$\text{条件式 (17)} \quad r_{411} / r_{419} = 0.681$$

【手続補正43】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正内容】

【0099】 図27、図28及び図29は、各々上記表1に示した実施例1の第1の具体的数値における非球面ズームレンズの収差性能を示す。なお、上記各図におい

て、(a)は球面収差の図であって、実線はd線に対する値、点線は正弦条件を示す。また、(b)は非点収差の図であって、実線はサジタル像面湾曲、点線はメリディオナル像面湾曲を示す。さらに、(c)は歪曲収差を示す図、(d)は軸上収差の図であって、実線はd線、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。(e)は倍率色収差の図であって、点線はF線、破線はC線に対する値を示す。これらの図から、上記実施例の具体的数値に基づくズームレンズが良好な光学性能を有していることがわかる。

【手続補正44】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図21

【補正方法】変更

【補正内容】

【図21】実施例1の第7の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。

【手続補正45】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図24

【補正方法】変更

【補正内容】

【図24】実施例1の第8の具体的数値例におけるズームレンズの広角端での収差性能を示す図である。